



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor *Bank*
Untuk Meminimalkan Deviasi Tegangan menggunakan
Optimal *Power Flow* Pada Jaringan Distribusi Radial 3
Fasa**

Agung Try Laksono
NRP 2213105009

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Ir. Teguh Yuwono

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

***Reconfiguration And Capacitor Bank Placement for
Minimizing Voltage Deviation of Three Phase Radial
Distribution Network Using Optimization Power Flow***

Agung Try Laksono
NRP 2213105009

Supervisors
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Ir. Teguh Yuwono

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty Of Industry Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2015

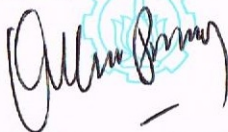
**REKONFIGURASI DAN PENENTUAN LOKASI KAPASITOR
BANK UNTUK MEMINIMALKAN DEVIASI TEGANGAN
MENGUNAKAN OPTIMAL *POWER FLOW* PADA JARINGAN
DISTRIBUSI RADIAL 3 FASA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

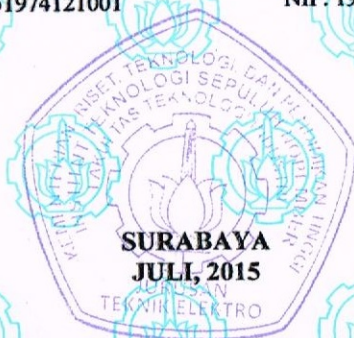


Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
NIP.194907151974121001

Dosen Pembimbing II



Ir. Teguh Yuwono
NIP. 195008061976121002



Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor Bank Untuk Meminimalkan Deviasi Tegangan menggunakan Optimal Power Flow Pada Jaringan Distribusi Radial 3 Fasa

Agung Try Laksono
2213105009

Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Ir. Teguh Yuwono

ABSTRAK :

Seiring dengan meningkatnya perekonomian masyarakat Indonesia maka semakin meningkatkan kebutuhan akan tenaga listrik. Sehingga berdampak semakin luasnya topologi jaringan listrik dari pembangkit, system transmisi, hingga sistem distribusi radial. sistem distribusi radial pasif yang banyak digunakan menyebabkan tingginya *drop* tegangan dan energy yang hilang. Pada tugas AKhir akan meneliti tentang *plant* IEEE 33 BUS.

Beberapa cara untuk mengurangi masalah diatas yakni dengan merekonfigurasi topologi jaringan distribusi dan penempatan kapasitor. Dengan cara diatas maka didapatkan deviasi tegangan yang lebih baik dari kondisi awal. Hasil terbaik yakni dengan menggabungkan rekonfigurasi dan kapasitor secara simultan sehingga di dapatkan nilai deviasi terbesarnya berupa *drop* tegangan sebesar 0.029 p.u

Kata Kunci : Deviasi Tegangan, Sistem Distribusi, Kapasitor, Rekonfigurasi, Simultan Rekonfigurasi dan Kapasitor

Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor Bank Untuk Meminimalkan Deviasi Tegangan menggunakan Optimal Power Flow Pada Jaringan Distribusi Radial 3 Fasa

Agung Try Laksono
2213105009

Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Ir. Teguh Yuwono

ABSTRAK :

Seiring dengan meningkatnya perekonomian masyarakat Indonesia maka semakin meningkatkan kebutuhan akan tenaga listrik. Sehingga berdampak semakin luasnya topologi jaringan listrik dari pembangkit, system transmisi, hingga sistem distribusi radial. sistem distribusi radial pasif yang banyak digunakan menyebabkan tingginya *drop* tegangan dan energy yang hilang. Pada tugas AKhir akan meneliti tentang *plant* IEEE 33 BUS.

Beberapa cara untuk mengurangi masalah diatas yakni dengan merekonfigurasi topologi jaringan distribusi dan penempatan kapasitor. Dengan cara diatas maka didapatkan deviasi tegangan yang lebih baik dari kondisi awal. Hasil terbaik yakni dengan menggabungkan rekonfigurasi dan kapasitor secara simultan sehingga di dapatkan nilai deviasi terbesarnya berupa *drop* tegangan sebesar 0.029 p.u

Kata Kunci : Deviasi Tegangan, Sistem Distribusi, Kapasitor, Rekonfigurasi, Simultan Rekonfigurasi dan Kapasitor

Reconfiguration And Capacitor Bank Placement for Minimizing Voltage Deviation of Three Phase Radial Distribution Network Using Optimization Power Flow

Agung Try Laksono
2213105009

Supervisor I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Supervisor II : Ir. Teguh Yuwono

ABSTRACT:

Addition of continuous Indonesian economic than continuous need for electric power. So it make topology of electric network larger. Use passive radial distribution system can be cause a voltage drop increases and energy losses for all system. In this study will be discussed on the analysis of decrease voltages deviation in IEEE 33 bus test system

Solutions to decrease voltages deviation are the best configuration of the network, where to place the capacitor, and the best combining both of that. The best result both of that is have the largest point of voltage deviation 0,029 p.u.

Keyword : Voltage Deviation , Distribution System, Capacitor, Reconfiguration, Simultaneous Reconfiguration And Capacitor

Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor Bank Untuk Meminimalkan Deviasi Tegangan menggunakan Optimal Power Flow Pada Jaringan Distribusi Radial 3 Fasa

Agung Try Laksono
2213105009

Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Ir. Teguh Yuwono

ABSTRAK :

Seiring dengan meningkatnya perekonomian masyarakat Indonesia maka semakin meningkatkan kebutuhan akan tenaga listrik. Sehingga berdampak semakin luasnya topologi jaringan listrik dari pembangkit, system transmisi, hingga sistem distribusi radial. sistem distribusi radial pasif yang banyak digunakan menyebabkan tingginya *drop* tegangan dan energy yang hilang. Pada tugas AKhir akan meneliti tentang *plant* IEEE 33 BUS.

Beberapa cara untuk mengurangi masalah diatas yakni dengan merekonfigurasi topologi jaringan distribusi dan penempatan kapasitor. Dengan cara diatas maka didapatkan deviasi tegangan yang lebih baik dari kondisi awal. Hasil terbaik yakni dengan menggabungkan rekonfigurasi dan kapasitor secara simultan sehingga di dapatkan nilai deviasi terbesarnya berupa *drop* tegangan sebesar 0.029 p.u

Kata Kunci : Deviasi Tegangan, Sistem Distribusi, Kapasitor, Rekonfigurasi, Simultan Rekonfigurasi dan Kapasitor

Reconfiguration And Capacitor Bank Placement for Minimizing Voltage Deviation of Three Phase Radial Distribution Network Using Optimization Power Flow

Agung Try Laksono
2213105009

Supervisor I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Supervisor II : Ir. Teguh Yuwono

ABSTRACT:

Addition of continuous Indonesian economic than continuous need for electric power. So it make topology of electric network larger. Use passive radial distribution system can be cause a voltage drop increases and energy losses for all system. In this study will be discussed on the analysis of decrease voltages deviation in IEEE 33 bus test system

Solutions to decrease voltages deviation are the best configuration of the network, where to place the capacitor, and the best combining both of that. The best result both of that is have the largest point of voltage deviation 0,029 p.u.

Keyword : Voltage Deviation , Distribution System, Capacitor, Reconfiguration, Simultaneous Reconfiguration And Capacitor

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat, Karunia, dan Petunjuk yang telah dilimpahkan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul **Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor Bank Untuk Meminimalkan Deviasi Tegangan menggunakan Optimal Power Flow Pada Jaringan Distribusi Radial 3 Fasa**. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya.
2. Bapak dan Ibu, serta seluruh keluarga yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan studi.
3. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D dan Ir. Teguh Yuwono sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan perhatiannya dalam tugas akhir.
4. Suyanto, ST., MT. dan Dimas Fajar Uman Putra, ST., MT. yang telah memberikan dukungan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmunya selama kuliah, karyawan, dan keluarga besar Jurusan Teknik Elektro ITS yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa maupun peneliti. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran diharapkan untuk penyempurnaan tugas akhir ini.

Surabaya, Juli 2015

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevansi dan Manfaat	4
BAB II TEORI PENUNJANG	
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
2.2 Sistem Jaringan Distribusi Radial	5
2.2.1 Sistem Radial Pohon	6
2.2.2 Sistem Radial dengan Pusat Beban	7
2.2.3 Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area	8
2.2.4 Sistem Radial dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah	9
2.3 Deviasi Tegangan	10
2.4 Rekonfigurasi Jaringan	10
2.5 Kapasitor	11
BAB III PERENCANAAN SISTEM	
3.1 Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus	13
3.2 Sistem Secara Umum	17
3.3 Algoritma Genetika	19
3.3.1 <i>Load Flow</i>	23
3.3.2 Fungsi Fitness	24

3.3.3	Bangkitkan Generasi Awal	24
3.3.4	Pengalamatan Nilai Bit Solusi	25
3.3.5	Pembuatan Data Base	25
3.3.6	Sesuaikan Hasil Dekodekan Kromosom.....	26
3.3.7	<i>Load Flow</i> Pertama	26
3.3.8	<i>Cross Over</i>	26
3.3.9	Mutasi.....	27
3.3.10	<i>Load Flow</i> Ulang.....	27
3.3.11	Evaluasi Nilai Individu.....	27
3.3.12	Rekam Nilai Solusi dan Fitness	27
3.3.13	Menggambar Kurva Fitness	27
3.3.14	Cetak Hasil Optimasi	28
3.4	Implementasi Rekonfigurasi Jaringan pada Algoritma Genetika	28
3.5	Implementasi Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada Algoritma Genetika.....	30
3.6	Implementasi Rekonfigurasi Jaringan dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada Algoritma Genetika.....	31
3.7	Batasan-Batasan(<i>Consatrant</i>)	33

BAB IV SIMULASI DAN ANALISA

4.1	Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus (Awal)	35
4.2	Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan Algoritma Genetika.....	39
4.3	Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor Menggunakan Algoritma Genetika	44
4.3.1	Perbandingan Optimasi Dengan Jumlah Kapasitor yang Berbeda	49
4.4	Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor Menggunakan Algoritma Genetika	52
4.5	Perbandingan Semua Kasus	56
4.6	Validasi Hasil Simulasi Dengan Matlab	59
4.6.1	Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus (Awal)	59
4.6.2	Rekonfigurasi Jaringan	62
4.6.3	Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor.....	64
4.6.4	Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor.....	64

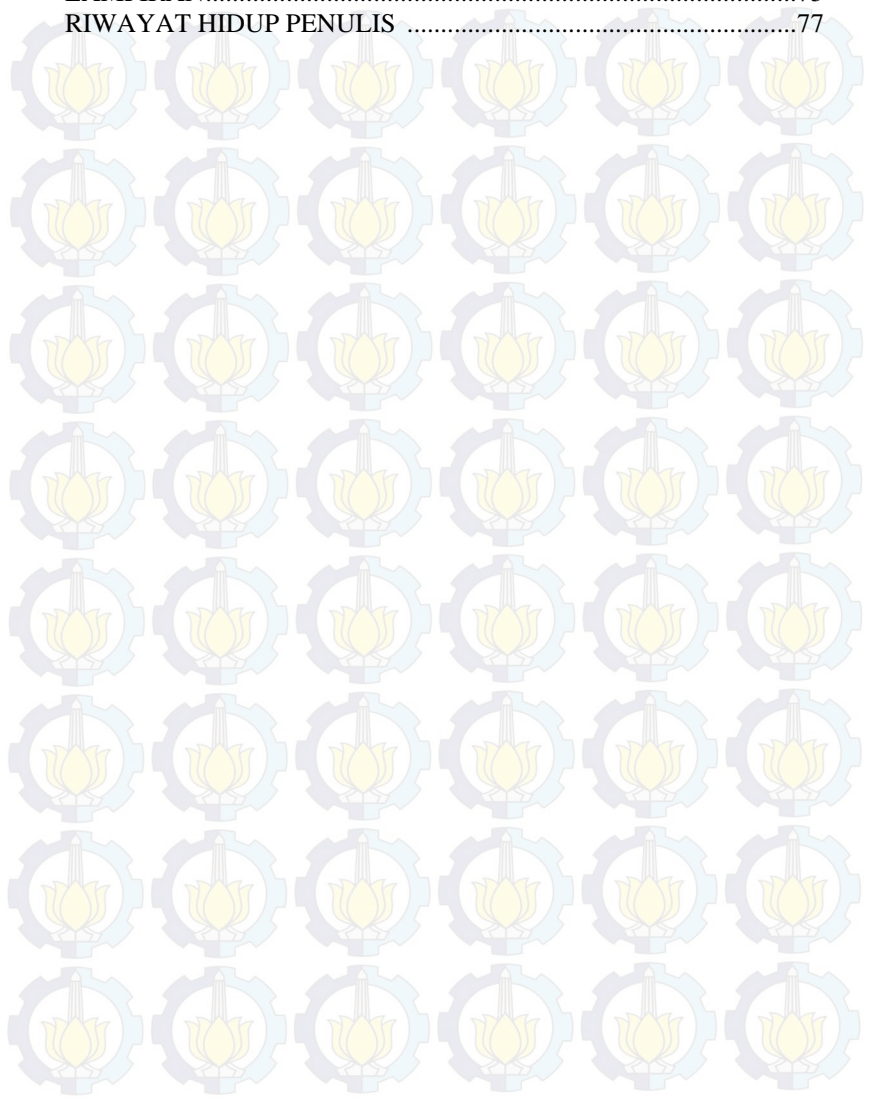
BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran	71

DAFTAR PUSTAKA73

LAMPIRAN.....75

RIWAYAT HIDUP PENULIS77





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Data Impedansi Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus.....	14
Tabel 3.2	Data Beban Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus	15
Tabel 4.1	Hasil Simulasi Awal IEEE 33 Bus.....	36
Tabel 4.2	<i>Tie Switch / Tie Line</i> Dibuka dan Ditutup	40
Tabel 4.3	Hasil Simulasi Rekonfigurasi Jaringan IEEE 33.....	40
Tabel 4.4	Hasil Kapasitas Kapasitor Terpasang.....	44
Tabel 4.5	Hasil Simulasi Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor..	46
Tabel 4.6	Hasil Simulasi Perbandingan Jumlah Kapasitor yang Berbeda.....	51
Tabel 4.7	Kombinasi <i>Tie Switch</i> dan Nilai Serta Lokasi Kapasitor ..	53
Tabel 4.8	Hasil Simulasi Rekonfigurasi & Penentuan Lokasi Kapasitor pada IEEE 33 Bus.....	54
Tabel 4.9	Perbandingan Hasil Dari Semua Kasus.....	57
Tabel 4.10	Validasi <i>Base Case</i>	59
Tabel 4.11	Validasi Rekonfigurasi.....	62
Tabel 4.12	Validasi Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor.....	64
Tabel 4.13	Validasi Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Jaringan Distribusi Radial	6
Gambar 2.2	Jaringan Distribusi Radial Pohon	7
Gambar 2.3	Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan Pusat Beban	8
Gambar 2.4	Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan <i>Phase Area</i>	9
Gambar 2.5	Sistem jaringan distribusi radial dengan <i>tie</i> dan <i>switch</i> pemisah	10
Gambar 2.6	Contoh Sistem 33 Bus Dengan <i>Loop Numbers</i>	11
Gambar 2.7	Contoh Kapasitor.....	12
Gambar 3.1	Jaringan Distribusi Radial IEEE 33 Bus Beserta <i>Tie Switch</i>	13
Gambar 3.2	Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Rekonfigurasi	17
Gambar 3.3	Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Kapasitor	18
Gambar 3.4	Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Rekonfigurasi, dan Penempatan Kapasitor	19
Gambar 3.5.a	Diagram Alir Algoritma Genetika	21
Gambar 3.5.b	Diagram Alir Algoritma Genetika (sambungan 1)	22
Gambar 3.5.c	Diagram Alir Algoritma Genetika (sambungan 2)	23
Gambar 3.6	Contoh Bit Generasi Awal	24
Gambar 3.7	Pengalamatan Nilai Bit.....	25
Gambar 3.8	Contoh <i>Cross Over</i>	26
Gambar 3.9	Contoh Mutasi	27
Gambar 3.10	Topologi Jaringan Dengan Semua <i>Tie Switch</i> Tertutup	29
Gambar 3.11	Topologi Jaringan Dengan Pemasangan Kapasitor	30
Gambar 3.12	Topologi Jaringan Dengan Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan Kapasitor.....	32
Gambar 4.1	Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus	35
Gambar 4.2	Grafik Tegangan Kasus Awal	38
Gambar 4.3	Grafik Deviasi Kasus Awal.....	38
Gambar 4.4	Hasil Rekonfigurasi IEEE 33 Bus Dari GA	39
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Tegangan Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi	42
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Deviasi Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi	43
Gambar 4.7	Hasil Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada IEEE 33 Bus Menggunakan Algoritma Genetiak	45

Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Tegangan Setelah Dipasang Kapasitor.....	48
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Deviasi Tegangan Setelah Dipasang Kapasitor.....	48
Gambar 4.10	Grafik Perbandingan Tegangan Dengan Jumlah Kapasitor Berbeda-beda	50
Gambar 4.12	Lokasi & Ukuran Kapasitor beserta <i>Tie Switch</i> yang Dibuka dan Di Tutup	52
Gambar 4.13	Perbandingan Tegangan Setelah Rekonfigurasi dan Pemasangan Kapasitor dengan Kondisi Awal.....	56
Gambar 4.14	Perbandingan Deviasi Tegangan Setelah Rekonfigurasi dan Pemasangan Kapasitor dengan Kondisi Awal.....	56
Gambar 4.15	Perbandingan Tegangan Semua Kasus	58
Gambar 4.16	Perbandingan Deviasi Tegangan Semua Kasus	58
Gambar 4.17	Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Awal	58
Gambar 4.18	Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Awal.....	61
Gambar 4.19	Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi	63
Gambar 4.20	Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi.....	64
Gambar 4.21	Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Kapasitor	66
Gambar 4.22	Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Kapasitor	66
Gambar 4.23	Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor.....	69
Gambar 4.24	Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor.....	69

BIOGRAFI PENULIS



Saya terlahir dengan nama Agung Try Laksono , di kota Tebing Tinggi, 29 Maret 1993. Merupakan anak Ke-Tiga dari Tiga bersaudara. Riwayat pendidikan saya dimulai dari TK Kartni Tebing Tinggi, kemudian SDN 030288 Sidikalang, SMP Negeri 22 Medan, SMKN 2 Medan, D3 Elektro Universitas Gadjah Mada dan sekarang sedang menempuh semester 5 di jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya. Memiliki kegemaran olahraga futsal, badminton, nonton film, serta

baca berita. Email agung.try13@mhs.ee.its.ac.id alaksono36@gmail.com





BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya perekonomian masyarakat Indonesia maka semakin meningkatkan kebutuhan akan tenaga listrik. Sehingga berdampak semakin luasnya topologi jaringan listrik dari pembangkit, system transmisi, hingga sistem distribusi radial. sistem distribusi radial pasif yang banyak digunakan menyebabkan tingginya drop tegangan dan energy yang hilang. Permasalahan ini tentunya sangat merugikan konsumen maupun produsen listrik. Kerugian yang dialami konsumen berupa buruknya kualitas tegangan yang memiliki drop tegangan yang melebihi standar. Sedangkan di pihak produsen dengan besarnya drop tegangan menyebabkan besarnya daya yang terbuang dan tidak terjual menyebabkan menurunnya pendapatan perusahaan.

Salah satu cara untuk mengurangi masalah diatas yakni dengan merekonfigurasi topologi jaringan distribusi dan penempatan kapasitor. Dengan cara diatas diharapkan *drop* tegangan di akhir jaringan distribusi tidak melebihi standar yang ditetapkan. Yakni sesuai dengan referensi [1]. Namun pada Tugas Akhir ini tidak membahas mengenai besarnya rugi-rugi yang terjadi di jaringan distribusi namun membahas mengenai mengurangi deviasi tegangan pada jaringan sistem distribusi.

Hingga saat ini sudah banyak dilakukan penelitian untuk mengurangi deviasi tegangan, seperti pemasangan kapasitor, rekonfigurasi jaringan dengan menggunakan metode yang berbeda-beda. Namun masih sedikit yang menggabungkan rekonfigurasi jaringan dan penempatan kapasitor untuk menyelesaikan masalah diatas.

Dalam tugas akhir ini akan menggabungkan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor kemudian dioptimalkan menggunakan Algoritma Genetika sehingga diharapkan didapatkan deviasi tegangan yang sesuai dengan referensi [1].

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Cara rekonfigurasi dan penempatan kapasitor pada jaringan distribusi tenaga listrik
2. Mengoptimalkan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor pada jaringan distribusi tenaga listrik
3. Mengurangi deviasi tegangan hingga didapatkan nilai sesuai referensi [1]

1.3 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada penulisan tugas akhir ini adalah mempelajari merekonfigurasi jaringan dan menempatkan kapasitor sehingga didapatkan konfigurasi jaringan dan lokasi serta ukuran kapasitor yang menghasilkan deviasi tegangan yang paling optimal.

1.4 Batasan Masalah

Karena ruang lingkup permasalahan yang sangat luas, maka dalam penulisan tugas akhir ini, permasalahan akan dibatasi pada :

1. *Software* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah Matlab R2010a
2. Dalam tugas akhir ini tidak membahas tentang metode aliran daya.
3. Penentuan lokasi dan ukuran kapasitor menggunakan Algoritma Genetika.
4. Plan yang digunakan adalah sistem jaringan distribusi IEEE 33 Bus 3 Fasa Seimbang 12.66 kV.
5. Parameter yang digunakan hanya *magnitude* tegangan.
6. Sistem Tiga Fasa yang digunakan yakni system tiga Fasa seimbang.

1.5 Metodologi

Metode yang digunakan pada penyelesaian kasus dalam tugas akhir ini diawali dengan penggunaan data distribusi pada plant IEEE 33 BUS. Data tersebut digunakan sebagai input program *power flow*. *Load flow* ini akan menampilkan deviasi tegangan awal dari kondisi asli jaringan. Untuk mengurangi deviasi awal tersebut maka kemudian diterapkan kedalam Algoritma Genetika untuk mendapatkan rekonfigurasi, lokasi dan ukuran kapasitor yang optimal sehingga didapat deviasi tegangan paling optimal.

Dalam tugas akhir ini dibuat dalam beberapa kasus yakni:

1. Kasus Awal (*Base Case*)

Kasus ini bertujuan untuk mengetahui kondisi awal jaringan yang akan di teliti. Dalam keadaan bermasalah dari sesi tegangan atau tidak. Jika dalam keadaan bermasalah maka akan dilakukan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor.

2. Kasus rekonfigurasi

Dari Kasus Awal didapat kondisi jaringan yang bermasalah maka dilakukan suatu cara untuk memperbaiki masalah tersebut dengan melakukan rekonfigurasi jaringan. Dengan melakukan rekonfigurasi jaringan maka akan didapat topologi, tegangan dan deviasi tegangan yang lebih baik.

3. Kasus Kapasitor

Berawal dari kasus awal dengan kondisi jaringan yang bermaslah maka akan pada kasus ini dilakukan pemasangan kapasitor untuk memeperbaiki masalah tersebut yang mana diharapkan didapat tegangan, deviasi tegangan yang lebih baik.

4. Kasus kapasitor dan rekonfigurasi

Kasus ini menggabungkan pemasangan kapasitor dan rekonfigurasi secara bersamaan sehingga didapat nilai deviasi tegangan yang baru.

Dari ketiga kasus diatas akan diketahui perbedaan antara setiap kasus dengan hasil yang berbeda sehingga didapat nilai deviasi tegangan yang terbaik. Sehingga menjadi pilihan untuk penerapan dilapangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan tugas akhir ini terdiri atas lima bab yang dilengkapi dengan kata pengantar, daftar isi, dan lampiran-lampiran pendukung. Sistematika yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. BAB 1 : Pendahuluan

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah dalam pembuatan Tugas Akhir, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metedologi, sistematika pembahasan, serta relevansi dan manfaat penulisan tugas akhir.

2. BAB 2 : Dasar Teori

Bab ini secara garis besar membahas tentang teori sistem distribusi dan metode Algoritma Genetika yang digunakan sebagai dasar dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

3. BAB 3. Bab ini membahas tentang : Penerapan Rekonfigurasi Jaringan serta penentuan lokasi dan ukuran kapasitor dengan menggunakan Algoritma Genetika.

4. BAB 4 : Simulasi dan Analisis

Bab ini membahas tentang hasil dari rekonfigurasi jaringan dan penempatan dan ukuran kapasitor.

5. BAB 5 : Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisis penyelesaian rekonfigurasi serta penentuan lokasi kapasitor yang telah diperoleh melalui simulasi.

1.7 Relevansi dan Manfaat

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Sebagai acuan dalam suatu sistem perencanaan pada suatu sistem distribusi yang akan dilakukan rekonfigurasi dan pemasangan kapasitor.
2. Mengetahui perbedaan dari setiap kasus sehingga menjadi pertimbangan dalam sistem perencanaan.
3. Mengetahui penerapan Algoritma untuk pencarian solusi optimal dalam menggunakan rekonfigurasi maupun pemasangan kapasitor.
4. Didapatkan konfigurasi jaringan terbaik dari hasil rekonfigurasi yang menghasilkan devisasi tegangan terkecil
5. Didapatkan lokasi dan ukuran kapasitor terbaik yang menghasilkan devisasi tegangan terkecil.
6. Didapatkan rekonfigurasi serta lokasi dan ukuran kapasitor terbaik yang menghasilkan devisasi tegangan terkecil
7. Menjadi referensi bagi mahasiswa lain yang hendak mengambil masalah yang serupa untuk tugas akhir berikutnya.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan Sistem yang menghubungkan antara sistem pembangkitan dan sistem transmisi dengan pusat beban. Atau dengan kata lain sistem distribusi berawal dari Gardu Induk hingga ke beban. Dalam menyalurkan daya listrik sistem distribusi menggunakan jaringan radial atau yang disebut dengan penyulang distribusi. Banyaknya jenis pelanggan berdasarkan besar daya dan tegangan yang digunakan maka sistem distribusi di bagi kedalam beberapa jenis yakni

1. Sistem distribusi primer
2. Sistem distribusi sekunder

Sistem distribusi primer yakni sistem yang menghubungkan dari pusat Gardu Induk ke pusat beban (Gardu Distribusi). Tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah tegangan 6 KV sampai 20 KV, atau yang disebut dengan Jaringan Tegangan Menengah (JTM)

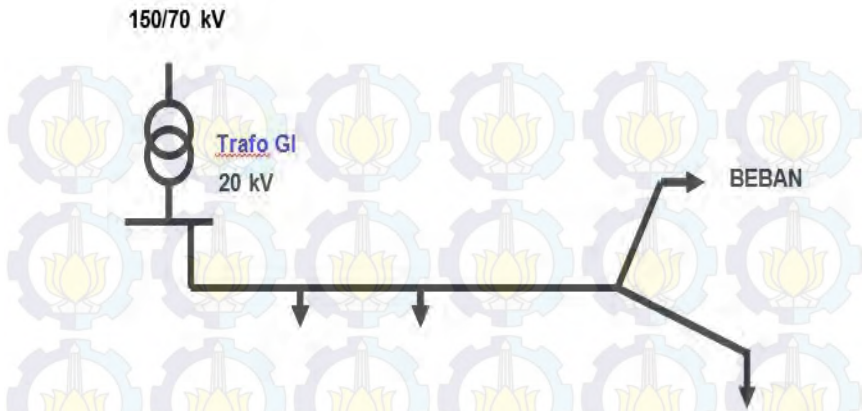
Sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik secara langsung dari Gardu Induk ke masing – masing konsumen, yakni mensuplai tenaga listrik pada daerah perumahan biasa (kecil), pada daerah industri ringan di kota – kota maupun pedesaan, untuk penerangan jalan, dan sebagainya. Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi sekunder adalah tegangan rendah 127/220 Volt atau 220/380 Volt, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan rendah.

Ada beberapa bentuk sistem jaringan yang umum dipergunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial.
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (*loop*).
3. Sistem jaringan distribusi *mesh*.
4. Sistem jaringan distribusi *spindle*.

2.2 Sistem Jaringan Distribusi Radial

Sistem ini merupakan sistem yang banyak digunakan pada jaringan distribusi di Indonesia. Dikatakan radial karena akhir dari satu saluran tidak ada yang bertemu dengan akhir saluran lain, membentuk pola akar tumbuhan. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*Trunk Line*) dan saluran cabang (*Lateral*) seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem Jaringan Distribusi Radial

Kelebihan dari saluran ini yakni mampu melayani bentuk percabangan dari titik beban. Maka semua beban mendapat suplai daya listrik. Selanjutnya yakni biaya pembangunannya relatif murah, pemeliharannya sederhana dan mudah untuk menentukan letak gangguan yang terjadi pada sistem.

Kelemahan yang dimiliki oleh sistem ini yakni *drop* tegangannya cukup besar dikarenakan jauhnya jarak dari gardu distribusi hingga ke akhir beban sehingga menyebabkan losses yang cukup besar.

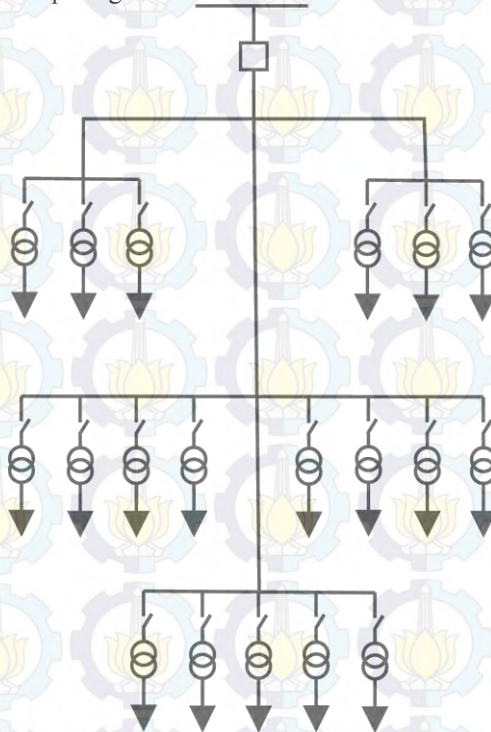
Sistem radial ini kurang tepat dipergunakan untuk menyalurkan beban seperti rumah sakit, instalasi militer atau beban lainnya yang memerlukan tingkat keandalan yang cukup tinggi.

Sistem distribusi radial ini mempunyai beberapa bentuk modifikasi, antara lain :

1. Sistem Radial Pohon.
2. Sistem Radial dengan Pusat Beban.
3. Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area.
4. Sistem Radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah.

2.2.1 Sistem Radial Pohon

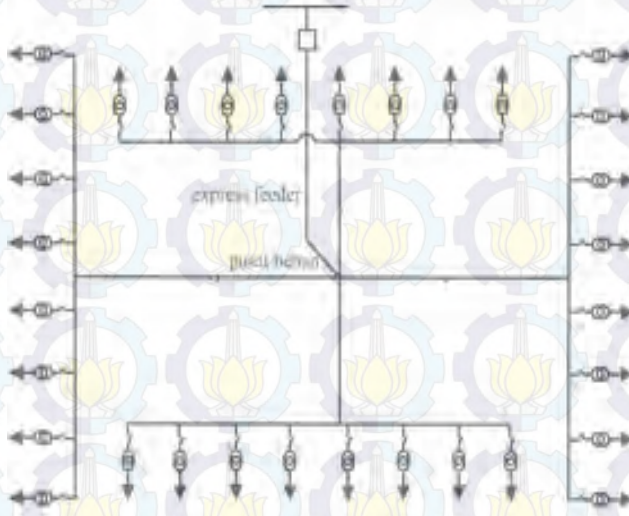
Sistem jaringan radial memiliki saluran utama (*main feeder*) yang disambung dari suatu Gardu Induk sesuai kemudian dicabangkan melalui saluran cabang (*lateral feeder*), selanjutnya dicabangkan lagi melalui saluran anak cabang (*sub lateral feeder*). Ukuran dari setiap feeder berbeda-beda. Tergantung dari kerapatan arus yang ditanggung. *Main feeder* merupakan saluran yang dialiri arus terbesar maka memiliki diameter yang lebih besar, selanjutnya arus ini mengecil pada tiap cabang tergantung dari besar beban. Bentuk sistem jaringan distribusi radial pohon dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Radial Pohon

2.2.2 Sistem Radial dengan Pusat Beban

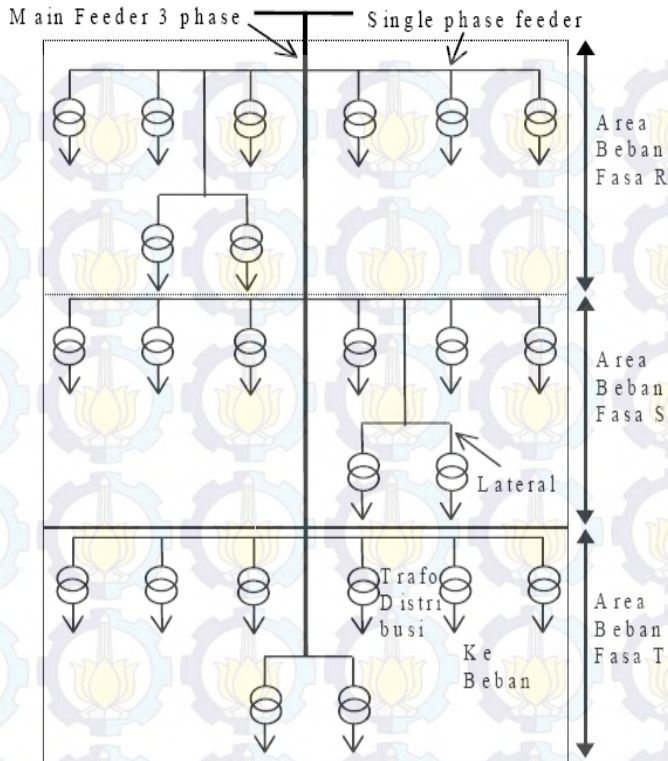
Bentuk dari sistem ini mensupply daya dengan menggunakan main *feeder* yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini disebar dengan menggunakan *backfeeder* secara radial seperti terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan Pusat Beban

2.2.3 Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area

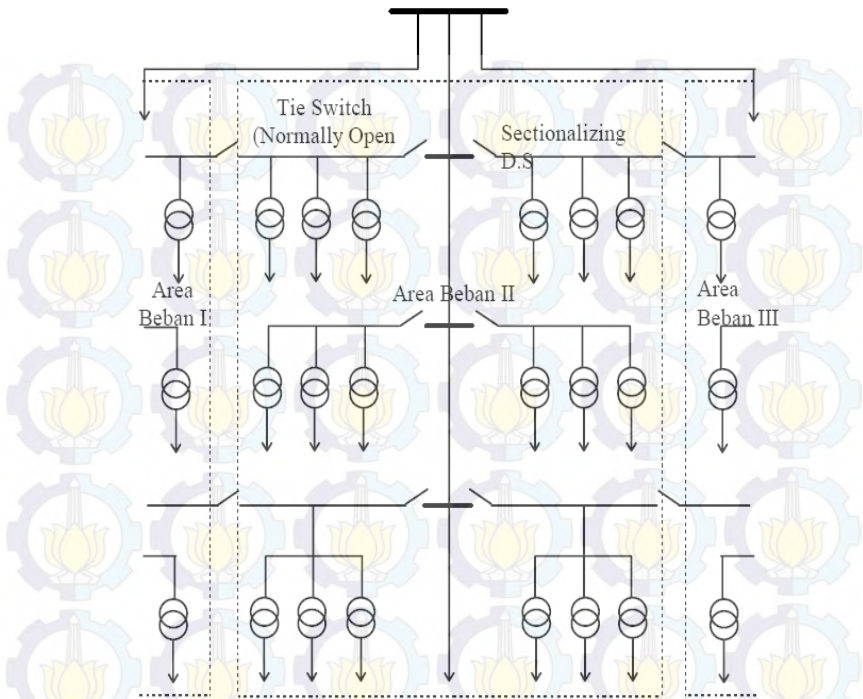
Sistem ini setiap fasa memiliki pembagian beban setiap fasa. Yang mana beban setiap fasa berbeda-beda. Ini menyebabkan sistem tiga fasa yang tidak seimbang. Sistem ini tidak sesuai untuk beban yang masih berkembang. Lebih direkomendasikan pada sistem dengan beban yang seimbang dan fix, sehingga pembagian beban jika ada penambahan lebih mudah. Contoh dari sistem jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan *Phase Area*

2.2.4 Sistem Radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah

Sistem ini memiliki tujuan untuk meningkatkan kehandalan sistem, karena mudah dalam pengontrolan jika terjadi gangguan karena dapat melokalisasi gangguan karena adanya *tie* dan *switch* pemisah. Jika gangguan terjadi pada suatu feeder yang mengalami masalah maka akan dialihkan ke feeder yang normal. Sistem radial dengan *tie* dan *switch* pemisah dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Sistem jaringan distribusi radial dengan *tie* dan *switch* pemisah

2.3 Index Deviasi Tegangan

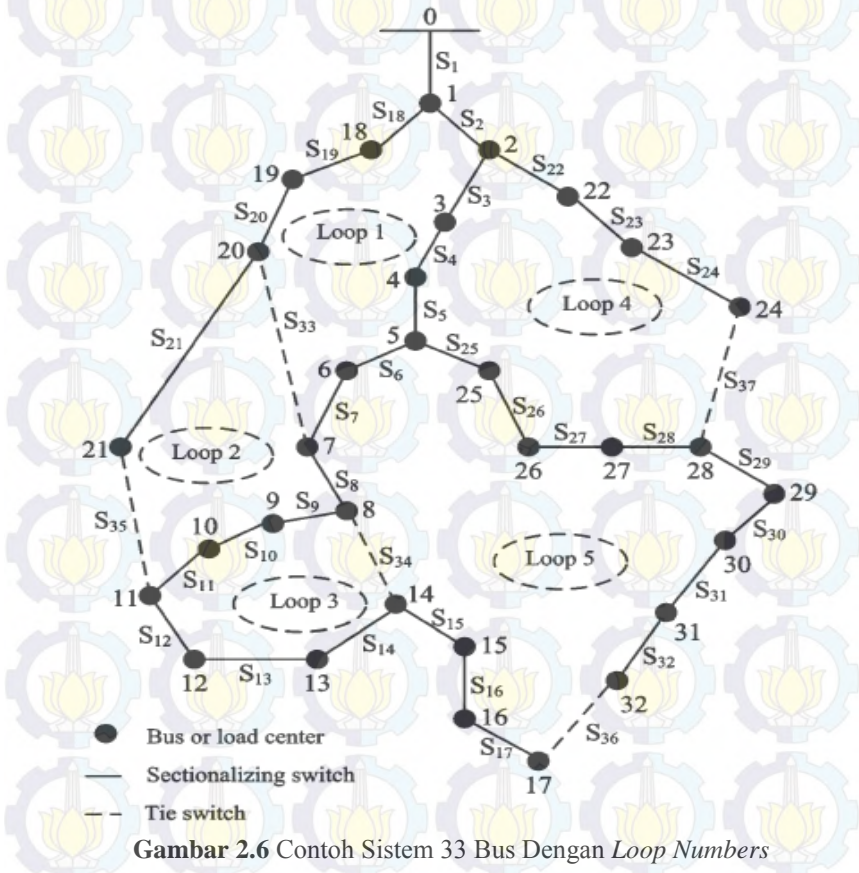
Mengacu pada referensi [2] index deviasi tegangan adalah kondisi tegangan dari salah satu atau lebih bus dalam satu *feeder* tidak sama dengan tegangan pada bus pertama. Baik itu kondisi melebihi tegangan bus pertama atau kurang dari tegangan pada bus pertama. Atau secara rumusan sebagai berikut:

$$\Delta \text{Deviasi Tegangan} = \max \frac{V_1 - V_k}{V_1} \quad \forall k = 1, 2, \dots, n \quad \dots \dots (2.1)$$

Dimana k = nomor bus

2.4 Rekonfigurasi Jaringan

Mengacu pada referensi [3] rekonfigurasi jaringan listrik (*feeder*) adalah suatu proses merubah topologi jaringan distribusi dengan mengubah status dari *switch* yang digunakan.



Ada dua jenis *switch* berdasarkan kondisi buka dan tutup *switch* tersebut yakni *normally open* (N.O.) dan *normally closed* (N.C.) Switch N.O. dipertimbangkan sebagai *switch* pada jaringan yang digunakan. Selama proses rekonfigurasi, status dari setiap *switch* akan berubah-ubah dan menjadi optimal berdasarkan kondisi fungsi objektif yang digunakan.

Terbuka dan tertutupnya suatu *switch* mengacu pada deviasi yang dihasilkan. Seperti pada gambar 2.6 jika *switch* S2, S3, S4, S5, S6, S7, S33, S20, S29 dan S18 pada *loop* 1 diganti menjadi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 maka kemungkinan 10 kemungkinan *switch* yang akan terpilih sebagai solusi. Begitu juga untuk *loop* 2, *loop* 3, *loop* 4, *loop* 5

2.5 Kapasitor

Mengacu pada referensi [3], kapasitor banyak digunakan sebagai kompensasi daya reaktif pada jaringan distribusi. Kapasitor juga digunakan untuk menaikkan profil tegangan setiap bus. Keuntungan yang didapat dari kapasitor untuk mengkompensasi daya reaktif bergantung dari bagaimana dan dimana memasang kapasitor pada jaringan. Umumnya pemakaian bank kapasitor memberikan keuntungan antara lain:

- Meningkatkan kemampuan penyaluran daya gardu-gardu distribusi.
- Mengurangi rugi-rugi pada sistem distribusi.
- Menjaga kualitas tegangan pada sistem distribusi.
- Meningkatkan kemampuan feeder dan peralatan yang ada pada sistem distribusi.

Hal-hal yang dipertimbangkan dari kapasitor adalah:

- Koefisien suhu dari komponen kapasitor.
- Daya reaktif per unit volume
- Rugi-rugi daya.
- Reliability.
- Harga



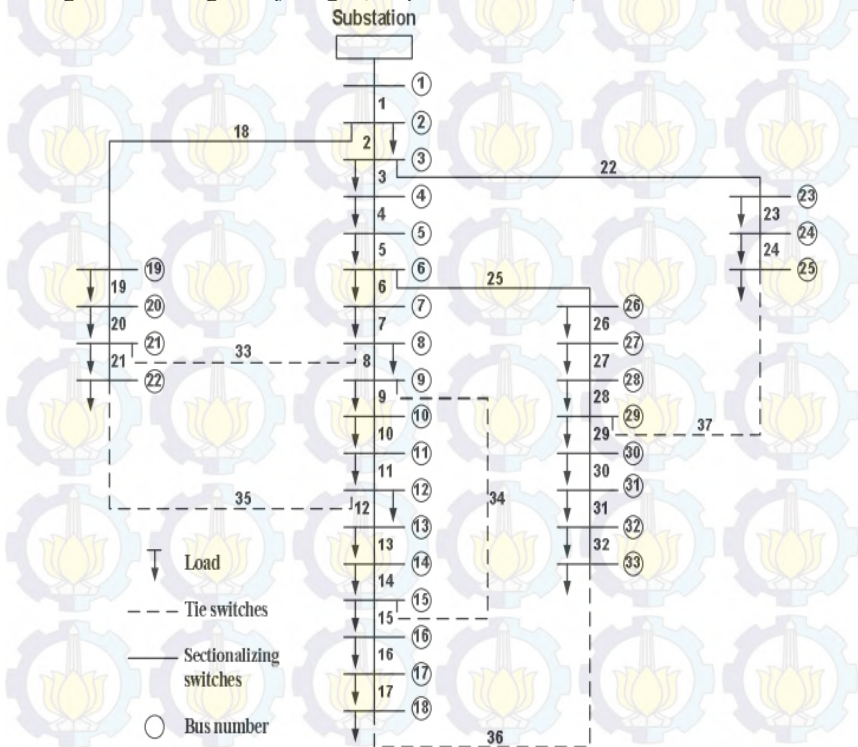
Gambar 2.7 Contoh Kapasitor

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan pengerjaan tugas akhir ini diawali dari sistem yang digunakan yakni IEEE 33 Bus, alur pembuatan system, alur Algoritma Genetika, serta perancangan dari rekonfigurasi serta penentuan lokasi kapasitor menggunakan Algoritma Genetika.

3.1 Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus

Berikut ini adalah data dari *single line diagram* atau *plant* yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yang mengacu pada referensi [4]. Data yang digunakan ini adalah data sistem tiga fasa seimbang. *Plant* IEEE dengan 33 bus, 32 cabang, dan 5 *tie switch*. Data tersebut terdiri dari gambar konfigurasi jaringan, impedansi saluran, serta data beban.



Gambar 3.1 Jaringan Distribusi Radial IEEE 33 Bus Beserta *Tie Switch*

Tabel 3.1 Data Impedansi Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus

Cabang			Fasa R		Fasa S		Fasa T	
			Impedansi (ohm)		Impedansi (ohm)		Impedansi (ohm)	
Impedansi	Dari Bus	Ke Bus	R	X	R	X	R	X
Z1	1	2	0.0922	0.047	0.0922	0.047	0.0922	0.047
Z2	2	3	0.493	0.2512	0.493	0.2512	0.493	0.2512
Z3	3	4	0.366	0.1864	0.366	0.1864	0.366	0.1864
Z4	4	5	0.3811	0.1941	0.3811	0.1941	0.3811	0.1941
Z5	5	6	0.819	0.707	0.819	0.707	0.819	0.707
Z6	6	7	0.1872	0.6188	0.1872	0.6188	0.1872	0.6188
Z7	7	8	0.7115	0.2351	0.7115	0.2351	0.7115	0.2351
Z8	8	9	1.0299	0.74	1.0299	0.74	1.0299	0.74
Z9	9	10	1.044	0.74	1.044	0.74	1.044	0.74
Z10	10	11	0.1967	0.0651	0.1967	0.0651	0.1967	0.0651
Z11	11	12	0.3744	0.1298	0.3744	0.1298	0.3744	0.1298
Z12	12	13	1.468	1.1549	1.468	1.1549	1.468	1.1549
Z13	13	14	0.5416	0.7129	0.5416	0.7129	0.5416	0.7129
Z14	14	15	0.5909	0.526	0.5909	0.526	0.5909	0.526
Z15	15	16	0.7462	0.5449	0.7462	0.5449	0.7462	0.5449
Z16	16	17	1.2889	1.721	1.2889	1.721	1.2889	1.721
Z17	17	18	0.7329	0.5739	0.7329	0.5739	0.7329	0.5739
Z18	2	19	0.164	0.1565	0.164	0.1565	0.164	0.1565
Z19	19	20	1.5042	1.335	1.5042	1.335	1.5042	1.335
Z20	20	21	0.4095	0.4784	0.4095	0.4784	0.4095	0.4784
Z21	21	22	0.7089	0.9373	0.7089	0.9373	0.7089	0.9373
Z22	3	23	0.4512	0.3084	0.4512	0.3084	0.4512	0.3084
Z23	23	24	0.8959	0.7901	0.8959	0.7901	0.8959	0.7901
Z24	24	25	0.898	0.7071	0.898	0.7071	0.898	0.7071
Z25	6	26	0.203	0.1034	0.203	0.1034	0.203	0.1034
Z26	26	27	0.2842	0.1447	0.2842	0.1447	0.2842	0.1447
Z27	27	28	1.0589	0.9338	1.0589	0.9338	1.0589	0.9338

Cabang			Fasa R		Fasa S		Fasa T	
			Impedansi (ohm)		Impedansi (ohm)		Impedansi (ohm)	
Impedansi	Dari Bus	Ke Bus	R	X	R	X	R	X
Z28	28	29	0.8042	0.7006	0.8042	0.7006	0.8042	0.7006
Z29	29	30	0.5075	0.2585	0.5075	0.2585	0.5075	0.2585
Z30	30	31	0.9744	0.963	0.9744	0.963	0.9744	0.963
Z31	31	32	0.3105	0.3619	0.3105	0.3619	0.3105	0.3619
Z32	32	33	0.3411	0.5302	0.3411	0.5302	0.3411	0.5302
Z33	25	29	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
Z34	8	21	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Z35	12	22	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Z36	9	15	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Z37	18	33	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000

Tabel 3.2 Data Beban Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus

No bus	Fasa R		Fasa S		Fasa T	
	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
Bus1	0	0	0	0	0	0
Bus2	100.0	60.0	100.0	60.0	100.0	60.0
Bus3	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus4	120.0	80.0	120.0	80.0	120.0	80.0
Bus5	60.0	30.0	60.0	30.0	60.0	30.0
Bus6	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus7	200.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0
Bus8	200.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0
Bus9	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus10	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus11	45.0	30.0	45.0	30.0	45.0	30.0
Bus12	60.0	35.0	60.0	35.0	60.0	35.0
Bus13	60.0	35.0	60.0	35.0	60.0	35.0

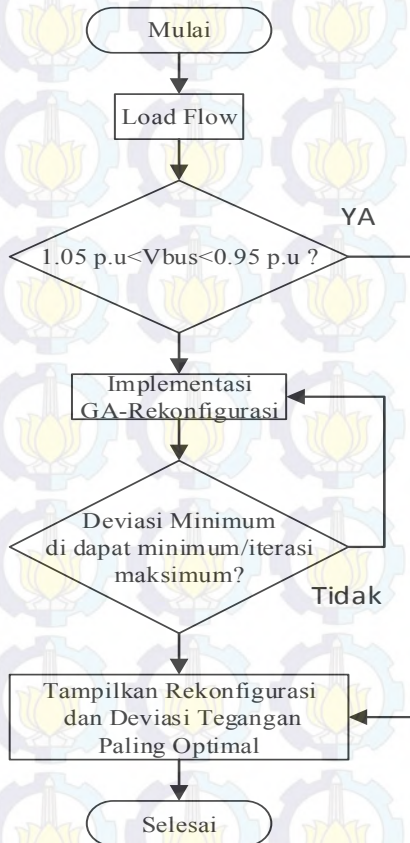
No bus	Fasa R		Fasa S		Fasa T	
	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
Bus14	120.0	80.0	120.0	80.0	120.0	80.0
Bus15	60.0	10.0	60.0	10.0	60.0	10.0
Bus16	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus17	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus18	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus19	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus20	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus21	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus22	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus23	90.0	50.0	90.0	50.0	90.0	50.0
Bus24	420.0	200.0	420.0	200.0	420.0	200.0
Bus25	420.0	200.0	420.0	200.0	420.0	200.0
Bus26	60.0	25.0	60.0	25.0	60.0	25.0
Bus27	60.0	25.0	60.0	25.0	60.0	25.0
Bus28	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus29	120.0	70.0	120.0	70.0	120.0	70.0
Bus30	200.0	600.0	200.0	600.0	200.0	600.0
Bus31	150.0	70.0	150.0	70.0	150.0	70.0
Bus32	210.0	100.0	210.0	100.0	210.0	100.0
Bus33	60.0	40.0	60.0	40.0	60.0	40.0

3.2 Sistem Secara Umum

Pada bagian menjelaskan tiga alur pengerjaan dari tiga kasus yang dilakukan pada tugas akhir ini bermaksud untuk menunjukkan perbedaan dari tiga kasus yang dikerjakan yakni:

- Kasus rekonfigurasi hanya menggunakan rekonfigurasi sebagai solusi pada Algoritma Genetika untuk memperbaiki deviasi tegangan pada *plant* yang digunakan. Diawali dengan *load flow* untuk mengetahui kondisi awal dari jaringan yang akan dilakukan rekonfigurasi jaringan dalam keadaan bermasalah atau tidak dengan melihat profil tegangan setiap bus memenuhi persyaratan yang ditetapkan atau tidak. Adapun persyaratan

tegangan yang digunakan akan dijelaskan pada subab selanjutnya. Adapun keluaran yang diharapkan yakni data Rekonfigurasi yang paling optimal, deviasi tegangan yang paling optimal.



Gambar 3.2 Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Rekonfigurasi,

- b. Kasus kapasitor yakni hanya menggunakan kapasitor sebagai solusi untuk memperbaiki deviasi tegangan pada *plant* yang digunakan. Diawali dengan *load flow* untuk mengetahui kondisi awal dari jaringan yang akan dilakukan rekonfigurasi jaringan dalam keadaan bermasalah atau tidak dengan melihat profil tegangan setiap bus memenuhi persyaratan yang

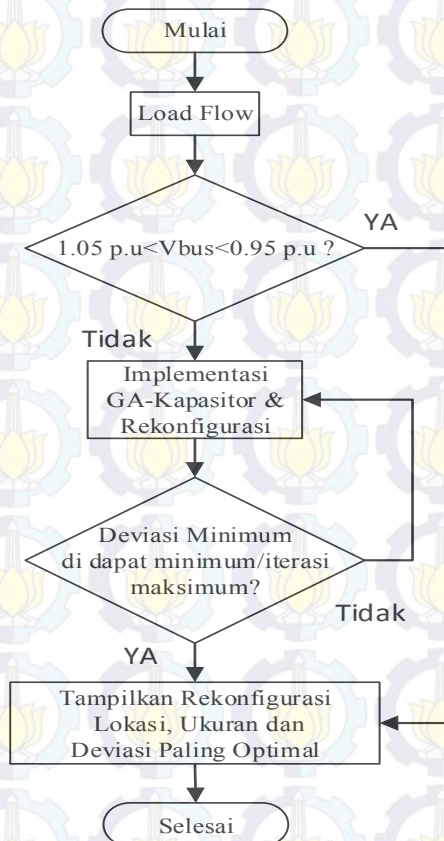
ditetapkan atau tidak. Untuk kasus kapasitor persyaratan lainnya yakni mengenai kapasitas total maksimum dari semua kapasitor yang terpakai. Adapun persyaratan tegangan yang digunakan dan total kapasitas kapasitor akan dijelaskan pada subab selanjutnya. Adapun keluaran yang diharapkan yakni data lokasi, ukuran kapasitor, serta deviasi tegangan yang paling optimal.



Gambar 3.3 Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Kapasitor

- c. Kasus Rekonfigurasi dan Kapasitor yakni menggunakan rekonfigurasi dan kapasitor sebagai solusi untuk memperbaiki deviasi tegangan pada *plant* yang digunakan. Diawali dengan *load flow* untuk mengetahui kondisi awal dari jaringan yang akan dilakukan rekonfigurasi jaringan dalam keadaan

bermasalah atau tidak dengan melihat profil tegangan setiap bus memenuhi persyaratan yang ditetapkan atau tidak. Untuk kasus kapasitor persyaratan lainnya yakni mengenai kapasitas total maksimum dari semua kapasitor yang terpakai. Adapun persyaratan tegangan yang digunakan dan total kapasitas kapasitor akan dijelaskan pada subab selanjutnya. Adapun keluaran yang diharapkan yakni data rekonfigurasi, lokasi ukuran serta deviasi tegangan yang paling optimal.



Gambar 3.4 Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Rekonfigurasi, dan Penempatan Kapasitor

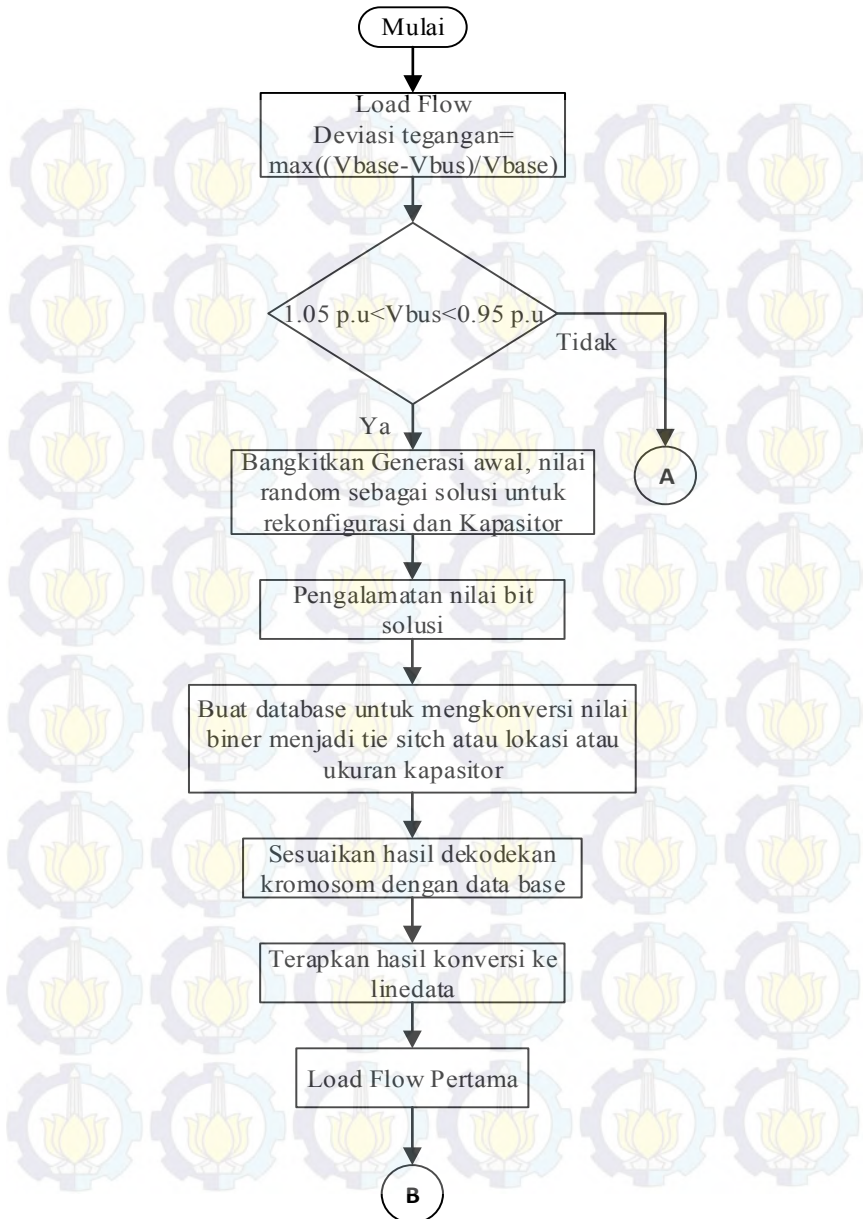
3.3 Algoritma Genetika

Mengacu pada referensi [4] bahwa Algoritma Genetika adalah suatu metode pencarian solusi terbaik dari suatu masalah. Metode ini mengadopsi mekanisme dari genetika makhluk hidup, yaitu untuk menemukan susunan-susunan gen-gen terbaik dalam tubuh makhluk hidup.

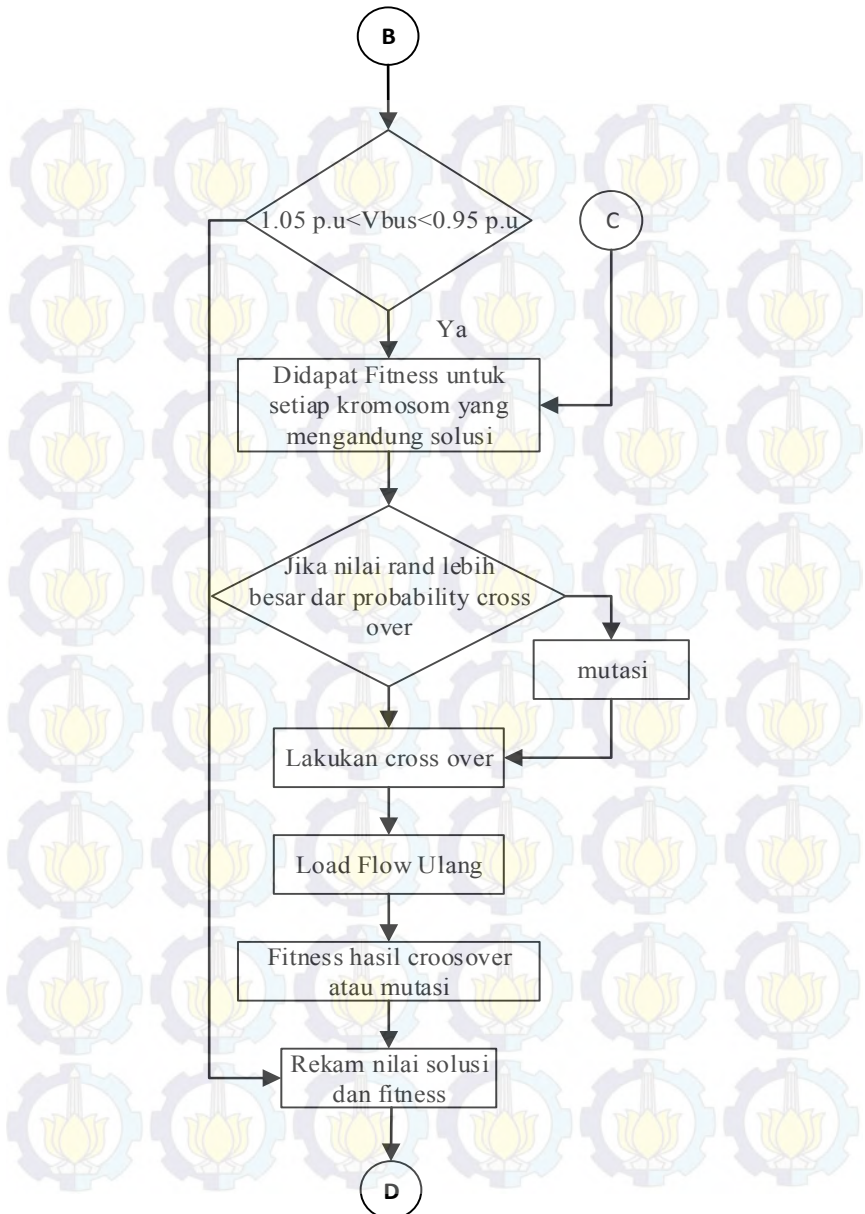
Metode ini banyak digunakan untuk mencari solusi terbaik dari suatu permasalahan yang mempunyai banyak solusi. Maka dari itu, solusi-solusi tersebut diwakili oleh suatu individu atau satu kromosom. Untuk mendapatkan solusi terbaik kromosom ini akan melewati proses persilangan dan mutasi sehingga muncul individu baru pada populasi sebagai populasi generasi.

Persilangan dan mutasi akan dilakukan lagi sehingga populasi yang baru mempunyai nilai dan di jadikan pembandingnya. Proses ini akan diulangi sebanyak generasi yang telah ditentukan hingga diperoleh suatu solusi terbaik dengan nilai yang optimal.

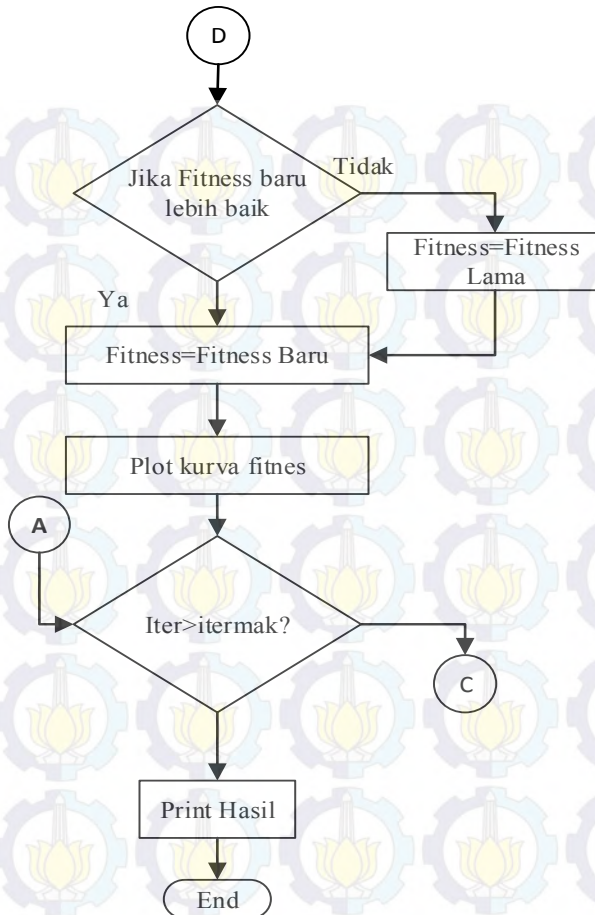
Pada tugas akhir ini Algoritma Genetika digunakan untuk mencari baik itu kombinasi konfigurasi jaringan terbaik, lokasi dan ukuran kapasitor terbaik, serta rekonfigurasi dan lokasi dan ukuran kapasitor terbaik. Dengan kombinasi dari solusi tersebut diharapkan didapat nilai deviasi tegangan terkecil dari suatu sistem yang diuji. Pada tugas akhir ini Algoritma Genetika menjadi satu bagian dengan *software* aliran daya. Dimana *software* aliran daya digunakan untuk mengetahui nilai fitness dari setiap solusi yang didapatkan oleh Algoritma Genetika. Untuk detail dari Algoritma genetika yang didesain pada tugas akhir ini yakni sebagai berikut.



Gambar 3.5.a Diagram Alir Algoritma Genetika



Gambar 3.2.b Diagram Alir Algoritma Genetika (sambungan 1)



Gambar 3.2.c Diagram Alir Algoritma Genetika (sambung 2)

3.3.1 Load Flow

Pada tugas akhir ini tidak membahas mengenai metode dari *software loadflow*. *Software loadflow* yang digunakan pada tugas akhir ini mengacu pada referensi [5]. Penggunaan *software loadflow* diawal *flowchart* untuk mengetahui kondisi deviasi tegangan dari jaringan yang akan di lakukan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor. Setelah diketahui bahwa ada tegangan yang tidak memenuhi batasan yang ditetapkan maka kemudian dilakukan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor.

3.3.2 Fungsi Fitness

Fungsi fitness merupakan suatu parameter untuk mengukur tingkat performansi suatu solusi. Dalam kehidupan sehari-hari individu yang mempunyai nilai fitness tertinggi akan bertahan hidup. Begitu sebaliknya individu yang bernilai fitness terendah akan mati. Namun pada tugas akhir ini fungsi fitness yang digunakan yakni fungsi fitness meminimalkan. Nilai terkecil dari setiap generasi yang akan diambil. Adapun fungsi fitness yang digunakan mengacu ke [2]:

$$\text{Minimize } F = \min \left(\max \frac{V_1 - V_k}{V_1} \right) \quad \forall k = 1, 2, 3, \dots, n \dots \dots (3.1)$$

Fungsi fitness diatas yakni untuk mengetahui nilai deviasi terbesar yang dihasilkan setiap populasi. Namun adanya fungsi min pada formula diatas karena setiap solusi menghasilkan nilai deviasi maksimum yang berbeda-beda maka diambil nilai deviasi maksimum terkecil sesuai dengan judul tugas akhir ini yakni meminimalkan deviasi tegangan yang terjadi pada jaringan.

3.3.3 Bangkitkan Generasi Awal

Pada bagian ini akan dibangkitkan nilai yang berupa nilai acak sebanyak nilai objek dan populasi yang akan diterapkan sebagai solusi. Nilai ini sebagai nilai awal yang akan diterapkan sebagai solusi. Yang kemudian akan berubah pada proses *cross over* dan mutasi. Nilai acak yang berupa nilai 0 hingga satu kemudian di konversi kedalam bilangan biner.

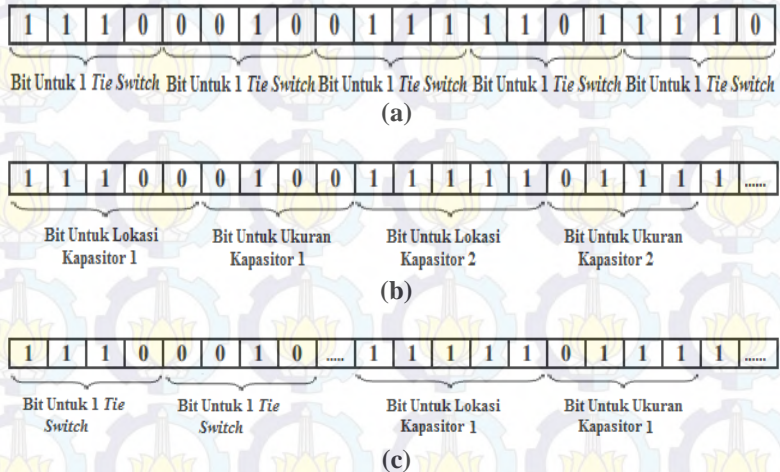


Gambar 3.6 Contoh Bit Generasi Awal

Pada tugas akhir ini kromosom yang dibangkitkan setiap populasi berbeda beda setiap kasusnya. Pada kasus rekonfigurasi kromosom yang dibangkitkan yakni 5 kromosom untuk setiap *tie switch*. Pada kasus penempatan kapasitor 9 kromosom untuk setiap kapasitor. Dan untuk rekonfigurasi dan penempatan kapasitor dibangkitkan 29 untuk setiap 1 pasang *tie switch* dan kapsaitor setiap kromosomnya.

3.3.4 Pengalamanatan Nilai Bit Solusi

Pengalamanatan nilai bit (dekodekan kromosom) yakni memetakan bit-bit kedalam kelompok yang akan menjadi solusi. Untuk rekonfigurasi maka akan di petakan menjadi masing-masing 4 bit untuk setiap pasang tie switch yang ditutup dan line yang dibuka. Untuk kapasitor setiap kapasitor 9 bit yang mana 5 bit untuk lokasi dan 4 bit untuk ukuran kapasitor.



Gambar 3.7 (a) Pengalamanatan Nilai Bit Rekonfigurasi, **(b)**

Pengalamanatan Nilai Bit Pemasangan Kapasitor **(c)** Pengalamanatan Nilai Bit Pemasangan Rekonfigurasi dan Kapasitor

Pada gambar (b) terlihat pengalamanatan bit untuk lokasi dan ukuran kapasitor berurutan kapasitor 1 terlebih dahulu lalu kemudian kapasitor selanjutnya. Pada gambar (c) pengalamanatan bit terlebih dahulu bit untuk rekonfigurasi, setelah semua tie switch dialamatkan baru kemudian pengamatan lokasi dan ukuran kapasitor.

3.3.5 Pembuatan Data Base

Pembuatan data base yang dimaksud yakni kumpulan data untuk menerjemahkan hasil dekodekan kromosom menjadi solusi baik itu untuk rekonfigurasi, kapasitor maupun penggabungan keduanya.

3.3.6 Sesuaikan Hasil Dekodekan Kromosom

Pada bagian ini hasil dari dekodekan kromosom yang berupa bilangan biner akan di sesuaikan dan diterjemahkan menjadi solusi baik tie switch yang dtutup line yang dibuka atau pun lokasi maupun ukuran kapasitor.

3.3.7 Load Flow Pertama

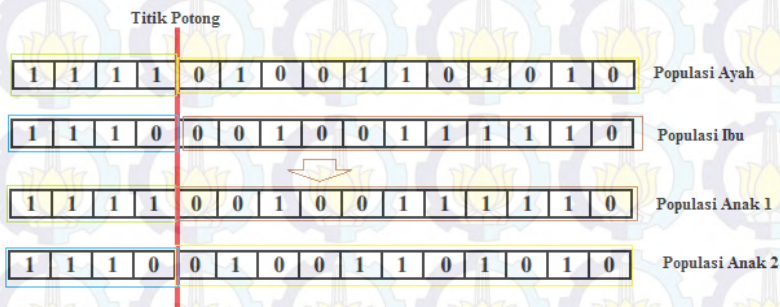
Pada bagian ini untuk mendapatkan nilai fitness awal dari generasi awal. Apabila didapat nilai yang memenuhi syarat tegangan maka akan di simpan. Untuk nilai yang tidak memnuhi persyaratan akan di lakukan crossover atau mutasi pada langkah berikutnya.

3.3.8 CrossOver

Pada proses ini dari jumlah populasi yang dibangkitkan akan dibagi berdasarkan titik potong yang didapatkan dari hasil acak yang dihasilkan Algoritma Genetika. Dari pembagaian tersebut maka bagian populasi yang berada didepan garis potong pada populasi orang ayah akan di pindah ke lokasi bit yang sama namun di populasi anak pertama.

Pada bit yang setelah titik potong pada populasi ayah akan di pindah ke populasi anak kedua dengan alamat dan urutan bit yang sama. Begitu juga dengan populasi ibu bit yang berada didepan titik potong akan dipindah ke lokasi dan urutan bit yang sama pada pada populasi anak kedua.

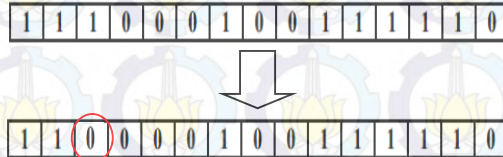
Selanjutnya bit setelah garis potong pada populasi ibu dipindang ke loasi dan ukuran bit yang sama pada populasi anak kedua. Dengan demikian didapta dua populasi baru dengan susunan bit yang berbeda.



Gambar 3.8 Contoh Cross Over

3.3.9 Mutasi

Berbeda dengan crossover, mutasi yakni mengganti kromosom dengan kromosom baru hasil pembangkitan Algoritma Genetika. Hasil penggantian kromosom ini akan menghasilkan susunan kromosom baru. Penggantian kromosom ini sangat bergantung dari nilai probabilitas mutasi yang ditetapkan.



Gambar 3.9 Contoh Mutasi

3.3.10 Load Flow Ulang

Pada bagian ini hasil crossover atau mutasi akan di konversi kembali menjadi solusi yang akan diterapkan ke linedata atau busdata dan kemudian di load flow ulang unruk mendapatkan nilai fitness baru.

3.3.11 Evaluasi Nilai Individu

Evaluasi individu digunakan untuk menyeleksi solusi yang dihasilkan setiap individu atau populasi. Adapun mekanisme penyeleksian individu yakni setiap solusi menghasilkan suatu fitness yang mana fitness tersebut memiliki parameter-parameter. Jika parameter-parameter tersebut memenuhi batasan-batasan yang ditetapkan maka solusi yang menghasilkan fitness tersebut akan dipertahankan. Namun jika tidak memnuhi persyaratn akan di hapus. Batasan –batasan ini akan dibahas pada akhir subab ini.

3.3.12 Rekam Nilai Solusi dan Fitness

Pada bagian ini akan di rekam solusi maupun fitness baik itu hasil dari solusi awal ataupun hasil cross over atau mutasi. Fitness hasil populasi awal akan dibandingkan dengan hasil cross over atau mutasi yang kemudian solusi yang menghasilkan fitness terkecil akan disimpan untuk dibandingkan dengan generasi selanjutnya.

3.3.13 Menggambar Kurva Fitness

Ploting (menggambar) kurva fitness yakni menggambar nilai fitness terbaik dari setiap generasi atau iterasi. Jika fitness generasi sebelumnya lebih kecil dari generasi baru maka fitness yang akan digambar adaah finess sebelumnya. Begitu juga kebalikannya jika fitness

generasi baru lebih kecil dari generasi sebelumnya maka yang akan digamabradalah fitness dari generasi baru.

3.3.14 Cetak hasil Optimasi

Jika telah didapatkan fitness dari semua generasi maka akan dicetak hasil solusi yang menghasilkan nilai fitness terkecil yang di mabil dari fungsi rekam nilai fitness yang sebelumnya.

3.4 Implementasi Rekonfigurasi Jaringan pada Algoritma Genetika

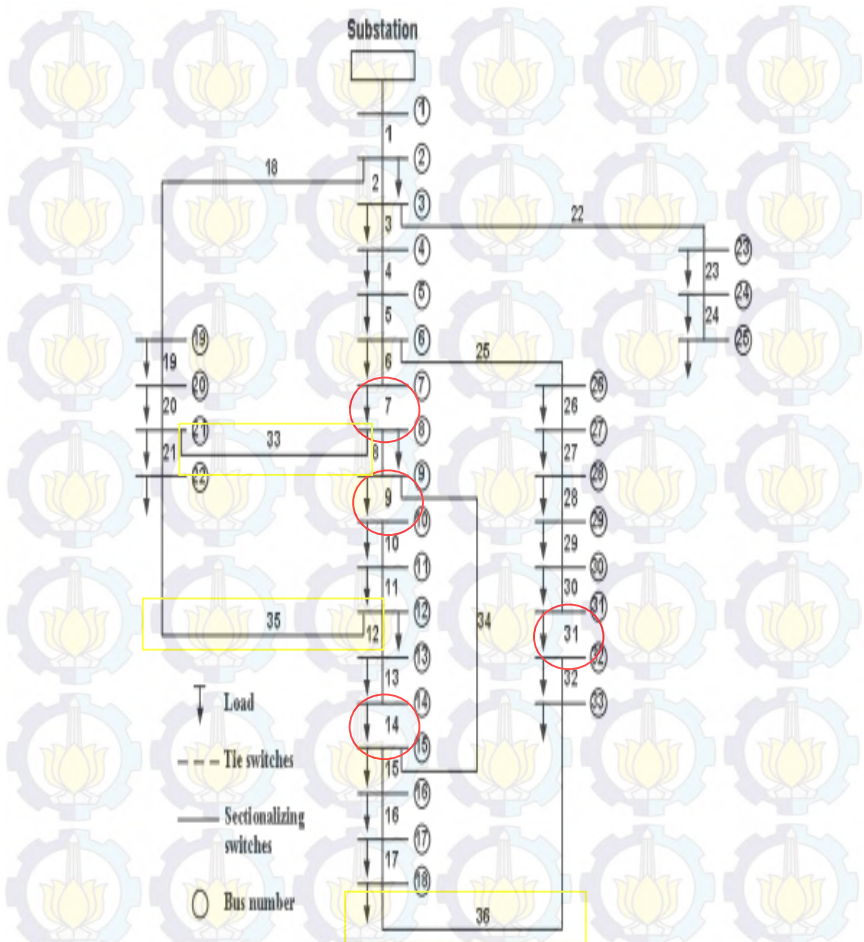
Berdasarkan pengertian rekonfigurasi jaringan pada bab sebelumnya maka bab subbab ini akan menjelaskan mengenai implementasi dari rekonfigurasi jaringan itu sendiri. Rekonfigurasi jaringan hanya dapat dilakukan pada jaringan sudah memiliki *tie switch*. Rekonfigurasi jaringan dilakukan dengan cara menutup satu atau lebih *tie switch* dan membuka 1 atau lebih *tie line* jaringan. Jumlah *tie switch* yang ditutup harus sama dengan jumlah *tie line* yang dibuka. Hal ini dilakukan untuk menjaga jaringan tersebut tetap radial dan semua bus tetap mendapatkan tegangan.

Maka dari itu implementasi rekonfigurasi jaringan dalam Algoritma genetika pada tugas akhir ini yakni dengan membuat data base dari semua kemungkinan *tie switch* yang ditutup dengan *line* yang dibuka. Yang mana sudah dibahas pada subbab sebelumnya bahwa terdapat 20 bit yang dikelompokkan menjadi masing masing 4 bit. Yang mana apabila setiap hasil random yang dihasilkan Algoritma Genetika dikonversi menjadi nilai bit dan akan dibaca atau dikonversi sebagai *tie switch* atau *line* yang harus dibuka.

Dari hasil konversi tersebut kemudian di terapkan kedalam linedata. Namun dalam merekonfigurasi jaringan juga terjadi perubahan aliran arus, dan urutan bus. Sehingga perlu dilakukan penataan ulang urutan bus dan urutan aliran arus. Karena apabila tidak dilakukan hal tersebut maka akan terjadi hasil yang tidak akurat.

Seperti conoh pada gambar 3.6, solusi yang dihasilkan Algoritma Genetika *tie switch* yang ditutup adalah *tie switch* 33 atau bus 21 ke bus 8, dan *tie line* yang dibuka yakni *tie line* 7 atau bus 7 ke bus 8 maka urutan bus yang semula bus 4 ke bus 5 ke bus 6 ke bus 7 ke bus 8, berubah menjadi bus 4 ke bus 5 ke bus 6 ke bus 7, sedangkan bus 7 ke bus 8 terputus maka bus 8 urutannya menjadi bus 19, ke bus 20, ke bus 21, ke bus 8 ke bus 15. Begitu juga dengan hasil yang didapat Algoritma Genetika *tie switch* 35 ditutup dan *tie line* 9 dibuka maka urutan bus yang semula bus 7 ke bus 8 ke bus 9 ke bus 10 ke bus 11 ke bus 12 menjadi

bus 22 ke bus 12 ke bus 11 ke bus dan bus 22 ke bus 12 ke bus 13 dan bus 14.

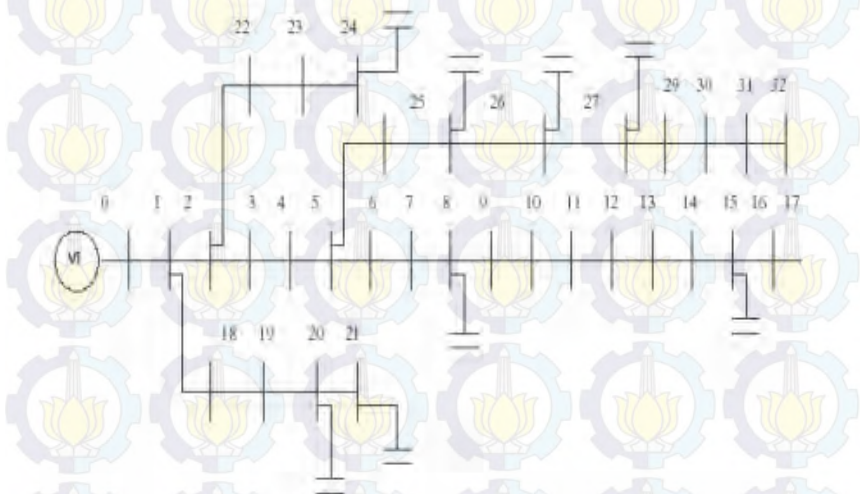


Gambar 3.10 Topologi Jaringan Dengan Semua *Tie Switch* Tertutup

Maka dari setiap hasil 20 bit (populasi) dari setiap generasi akan didapat satu nilai fitness. Dalam tugas akhir ini menggunakan 20 populasi maka didapat 20 nilai fitness yang berbeda-beda kemudian diseleksi dan dipilih yang terkecil untuk dijadikan nilai fitness dari generasi tersebut.

3.5 Implementasi Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada Algoritma Genetika

Implementasi lokasi dan ukuran kapasitor menggunakan teknik yang sama seperti rekonfigurasi jaringan yakni menggunakan *data base*. Untuk pemodelan kapasitor yakni sebagai *load bus* namun beban reaktif negative. Untuk jumlah bit yang digunakan yakni 27 bit untuk 3 kapasitor. Yang mana 27 bit dibagi kedalam 3 kelompok yang masing masing 9 bit, dari setiap kelompok 5 bit pertama untuk lokasi dan 4 bit selanjutnya untuk ukuran kapasitor. Dari 5 bit pertama dari setiap kelompok akan di konversi menjadi lokasi kapasitor. Teknik konversi yang digunakan yakni dengan menyesuaikan hasil biner yang di dapat dengan data base lokasi maupun ukuran kapasitor yang kemudian diterapkan kedalam busdata pada fungsi *loadflow*.



Gambar 3.11 Topologi Jaringan Dengan Pemasangan Kapasitor

3.6 Implementasi Rekonfigurasi Jaringan dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada Algoritma Genetika

Seperti halnya rekonfigurasi dan penempatan kapasitor pada bagian ini rekonfigurasi dan penentuan lokasi kapasitor digabungkan. Adapun penggabungannya dilakukan dengan secara simultan.

Yang dimaksud dengan secara simultan yakni mencari topologi jaringan dan menentukan lokasi dan ukuran kapasitor yang paling optimal secara bersamaan yakni dengan merubah jumlah bit yang akan di bangkitkan oleh algoritma genetika. Yang mana jumlah bit yang dibangkitkan untuk 3 kapasitor dan 5 tie sitch yakni 47 bit dimana 1 kapasitor membutuhkan 9 bit yang mana 5 bit untuk lokasi dan 4 bit untuk kapasitas, sedangkan setiap tie switch membutuhkan 4 bit.

Dari setiap nilai yang dibangkitkan Algoritma genetika akan dikelompokkan menjadi lokasi, ukuran maupun tie switch setiap kapasitor yang kemudian di implementasikan ke data jaringan baik topologi jaringan maupun data beban dan kapasitor.

Dengan dua komponen sebagai solusi dan secara simultan maka akan terjadi perubahan topologi jaringan dari jaringan awal dan adanya pemasangan kapasitor pada jaringan yang digunakan. Untuk pemodelan rekonfigurasi dan pemasangan kapasitor sma halnya dengan implementasi rekonfigurasi saja dan implemenasi kapasitor saja yang dijelaskan pada subab sebelumnya.



3.7 Batasan-Batasan (*Constraint*)

Batasan-batasan (*constraint*) adalah suatu persyaratan yang tidak boleh dilanggar dalam membuat suatu optimasi aliran daya. Pada tugas akhir ini optimasi aliran daya memanfaatkan rekonfigurasi jaringan, dan pemasangan kapasitor pada suatu sistem jaringan disistribusi. Batasan- batasan ini digunakan untuk membantu dalam mendapatkan suatu hasil yang paling optimal. Jika batasan-batasan ini di langgar maka hasil yang didapat bukan dikatakan suatu hasil yang optimal. Pada tugas akhir ini batasan-batasan (*constrain*) yang digunakan antara lain :

a. *Constarint* Tegangan

Cosntatrint tegangan adalah suatu persyaratan atau batasan tegangan yang tidak boleh dilanggar. *Contarin* tegangan yang digunakan pada tugas akhir ini mengacu pada referensi [5] yakni

$$0,95 \text{ p.u} \leq V \leq 1,05 \text{ p.u} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana 0,95 p.u merupakan batas bawah tegangan dan 1,05 p.u adalah batas atas tegangan. Atau pada tugas akhir ini karena menggunakan tegangan 12,66 kV, maka batas bawah yakni 12,027 kV dan batas atas yakni 13,293 kV.

b. *Constraint* Total Kapasitas Maksimum Kapasitor

Constraint ini yakni membatasi total kapasitas maksimum dari semua kapasitor yang dipasang pada jaringan yang diteliti. *Constraint* ini mengacu pada referensi [6] yang menyebutkan

$$\sum_{q \in S_B} Q_q^C \leq 1.0 \times \sum_{q \in S_B} Q_q^L \dots \dots \dots (3.4)$$

Dengan:

S_B = Semua bus yang ada

q = Nomor bus

Q^c = Nilai reaktif kapasitor

Q^L = Nilai reaktif load

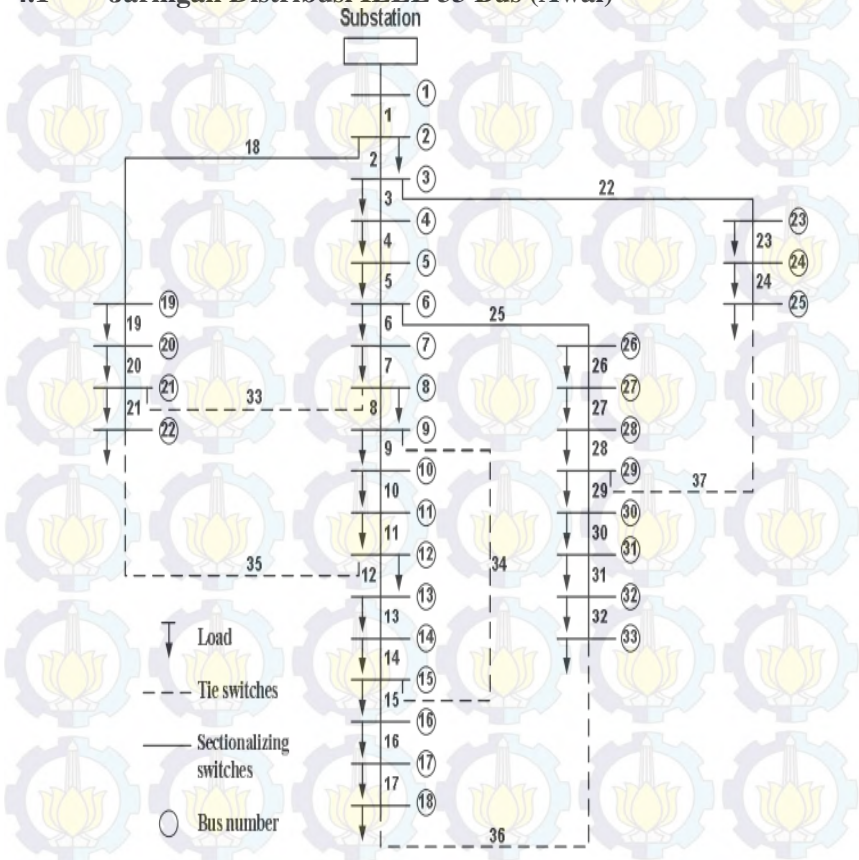


BAB IV

HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Pada bab ini, akan membahas tentang hasil simulasi dari semua kasus yang telah di simulasikan, Yang mana nilai yang diambil dari setiap simulasi hanya deviasi tegangan, Adapun kasus yang disimulasikan dalam tugas akhir ini antara lain

4.1 Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus (Awal)



Gambar 4.1 Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus

Beberapa data yang dibutuhkan untuk simulasi MATLAB yang diambil dari *paper* [4] adalah sebagai berikut :

1. *Single line diagram*
2. *Data saluran*
3. *Data beban*

Dan adapapun hasilnya sebagai berikut:

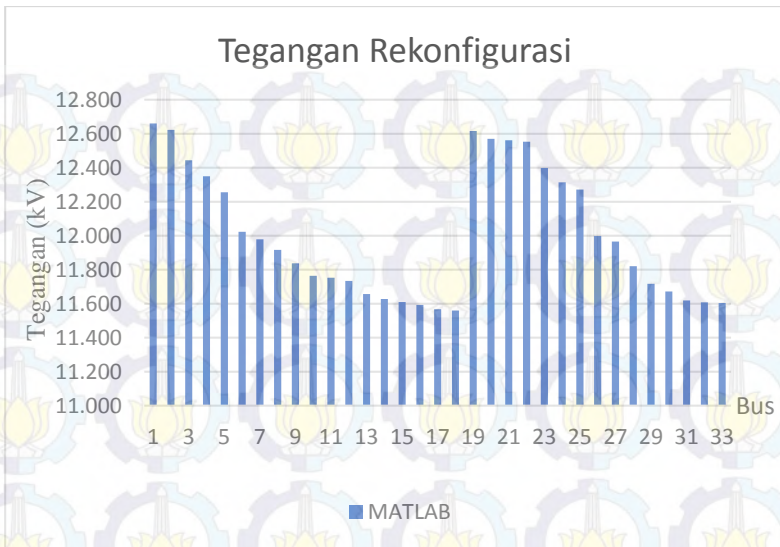
Tabel 4.1 Hasil Simulasi Awal IEEE 33 Bus

No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
1	12,660	-0,00000
2	12,622	-0,00300
3	12,444	-0,01710
4	12,349	-0,02450
5	12,256	-0,03190
6	12,023	-0,05030
7	11,979	-0,05380
8	11,917	-0,05870
9	11,838	-0,06500
10	11,764	-0,07080
11	11,753	-0,07160
12	11,734	-0,07310
13	11,657	-0,07920
14	11,628	-0,08150
15	11,610	-0,08290
16	11,593	-0,08430
17	11,567	-0,08630
18	11,560	-0,08690
19	12,616	-0,00350
20	12,570	-0,00710
21	12,562	-0,00780

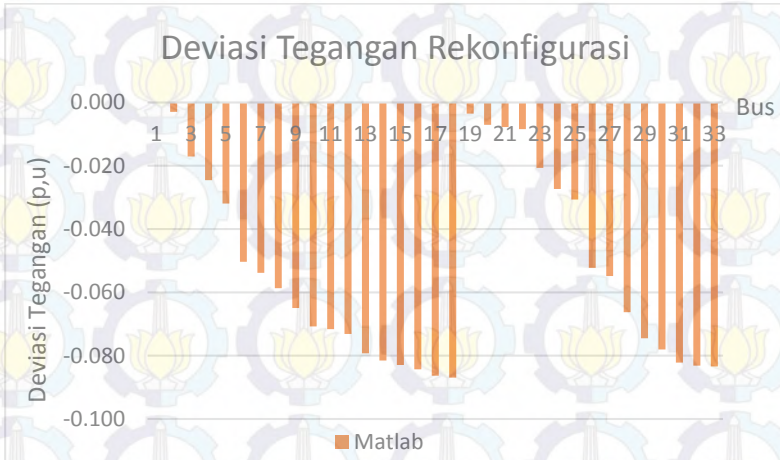
No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
22	12,554	-0,00840
23	12,399	-0,02060
24	12,314	-0,02730
25	12,272	-0,03060
26	11,998	-0,05230
27	11,966	-0,05480
28	11,821	-0,06630
29	11,717	-0,07450
30	11,672	-0,07810
31	11,619	-0,08220
32	11,608	-0,08310
33	11,604	-0,08340
Max	12,660	0
Min	11,560	0,08690

Tabel diatas merupakan data hasil simulasi dari kondisi awal jaringan IEEE 33 bus yang mana yang pada tugas akhir ini IEEE 33 bus dimodelkan ke dalam 1 fasa. Tabel diatas merupakan magnitudo tegangan dan deviasi tegangan. Dari data diatas di dapat data bahwa pada jaringan IEEE 33 Bus, memiliki *drop* tegangan yang tidak memenuhi batasan tegangan yakni $1,05 < \text{Deviasi} < 0,95$.

Sehingga diperluikkanya langkah-langkah untuk memperbaiki deviasi tegangan yang dibawah batasan tegangan tersebut. Langkah langkah yang di gunakan pada tugas akhir ini dengan melakukan rekonfigurasi dan pemasangan kapasitor. Untuk profil tegangan setiap bus dan deviasi tegangan tiap bus grafiknya sebagai berikut.



Gambar 4.2 Grafik Tegangan Kasus Awal

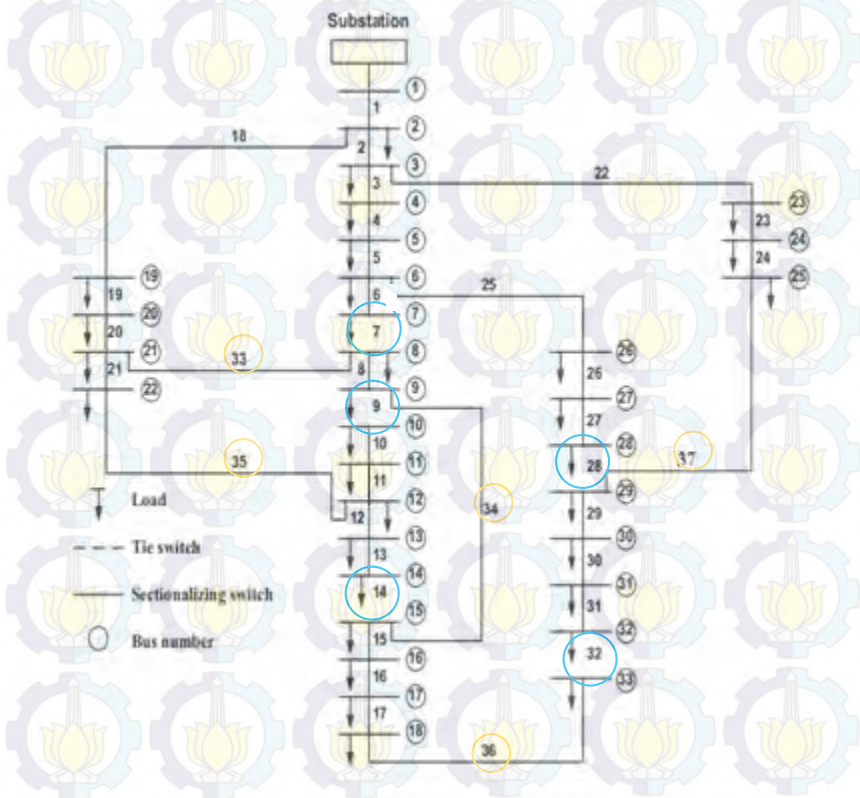


Gambar 4.3 Grafik Deviasi Kasus Awal

4.2 Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan Algoritma Genetika

Sesuai dengan pengertian dari rekonfigurasi yakni membuat konfigurasi baru dari topologi jaringan. Dalam merekonfigurasi jaringan dibutuhkan *tie switch* untuk menyambung dari satu bus ke bus yang lain dan juga dibutuhkan *tie line* untuk menjaga topologi jaringan tetap radial. Pada tugas akhir ini *plant* yang digunakan sudah memiliki *tie switch*.

Dengan melihat topologi awal jaringan dan banyaknya jumlah *tie switch* maka nominasi dari kombinasi *tie switch* yang ditutup dan *tie line* yang dibuka maka dibutuhkan suatu algoritma untuk dapat mencari kombinasi terbaik yang menghasilkan deviasi tegangan terkecil.



Gambar 4.4 Hasil Rekonfigurasi IEEE 33 Bus Dari GA

Pada gambar di atas, *tie switch* s34,s35,s36,s37 *close*, ditandai dengan lingkaran berwarna kuning. Sementara itu *sectionalized switch* saluran 7-8,9-10, 14-15, 32-33, 28-29 *open*, ditandai dengan lingkaran biru, Hasil simulasi didapatkan nilai tegangan dan deviasi tegangan serta *tie switch* atau *tie line* sebagai berikut.

Tabel 4.2 Tie Switch / Tie Line Dibuka dan Ditutup

<i>Tie Switch / Tie Line</i>	
Buka	Tutup
Bus 7 ke Bus 8	Bus 8 ke Bus 21
Bus 9 ke Bus 10	Bus 12 ke Bus 22
Bus 14 ke Bus 15	Bus 9 ke Bus 15
Bus 32 ke Bus 33	Bus 18 ke Bus 33
Bus 28 ke Bus 29	Bus 25 ke Bus 29

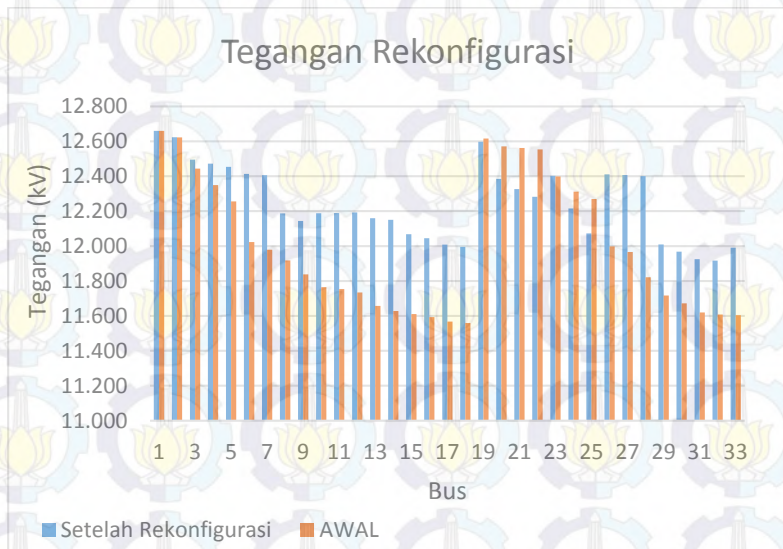
Tabel 4.3 Hasil Simulasi Rekonfigurasi Jaringan IEEE 33

No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
1	12,660	0,000
2	12,623	-0,003
3	12,495	-0,013
4	12,473	-0,015
5	12,454	-0,016
6	12,414	-0,019
7	12,406	-0,020
8	12,187	-0,037
9	12,144	-0,041
10	12,188	-0,037
11	12,189	-0,037

No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
12	12,193	-0,037
13	12,160	-0,040
14	12,150	-0,040
15	12,067	-0,047
16	12,045	-0,049
17	12,008	-0,051
18	11,995	-0,053
19	12,598	-0,005
20	12,385	-0,022
21	12,326	-0,026
22	12,282	-0,030
23	12,402	-0,020
24	12,216	-0,035
25	12,072	-0,046
26	12,410	-0,020
27	12,407	-0,020
28	12,400	-0,021
29	12,009	-0,051
30	11,968	-0,055
31	11,925	-0,058
32	11,917	-0,059
33	11,991	-0,053
Max	12,66	0,000
Min	11,917	-0,059

Tabel diatas merupakan data hasil simulasi dari rekonfigurasi jaringan IEEE 33 bus yang mana yang pada tugas akhir ini IEEE33 bus dimodelkan ke dalam 1 fasa. Tabel diatas merupakan magnitute tegangan dan deviasi tegangan

Dari data diatas didapat data bahwa terjadi *drop* tegangan sebesar 0,05945 p.u. Sedangkan tegangan terkecil dari 33 bus yakni pada bus 32 dengan tegangan **11,907 kV**.

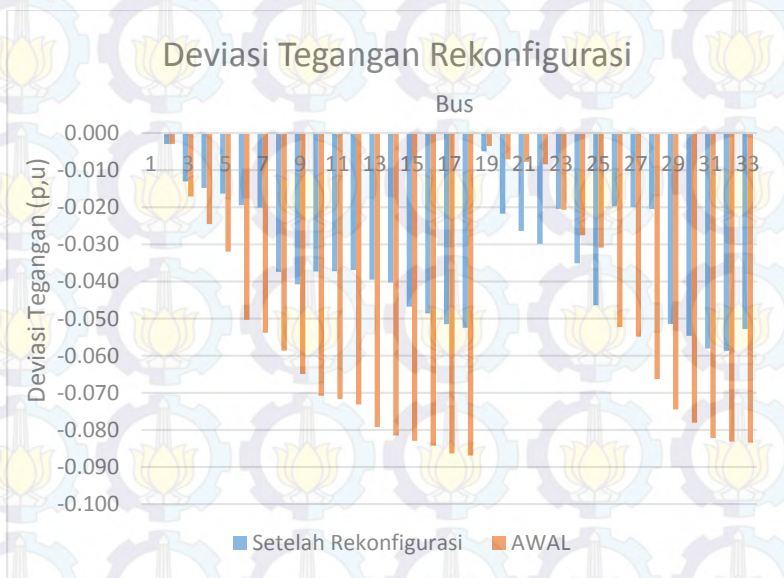


Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Tegangan Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi

Gambar diatas merupakan perbedaan grafik tegangan antara sebelum dilakukan rekonfigurasi dengan setelah dilakukan rekonfigurasi. Dari data diatas terlihat setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan namun berhasil menaikkan profil tegangan dan menurunkan deviasi tegangan namun masih ada beberapa deviasi tegangan yang masih dibawah -0,05 p.u. Ini dikarenakan dengan merekonfigurasi jaringan tidak cukup untuk mendapatkan level deviasi tegangan diatas -0,05 p.u.

Adapun terjadinya kenaikan tegangan tersebut karena berubahnya topologi jaringan yang mana sebelum dilakukan rekonfigurasi jaringan

beberapa bus mendapatkan tegangan yang rendah setelah dilakukan rekonfigurasi mendapatkan tegangan yang lebih tinggi.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Deviasi Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi

Seperti pada bus 29 yang awalnya mendapatkan tegangan dari bus 28 namun setelah rekonfigurasi mendapatkan *supply* tegangan dari bus 25. Naiknya tegangan bus 3 sampai 18 dikarenakan beban yang ditanggung oleh bus tersebut di parallel yang mana bus 8,9 di suplai dari bus 21 sehingga terlihat bus 21 mengalami penurunan tegangan karena menanggung beban yang lebih banyak dari kondisi awal. Bus 10 hingga 14 mengalami kenaikan profil tegangan karena langsung mendapat suplai tegangan dari bus 22, sehingga profil tegangan bus 10-14 tidak terlalu jauh dari bus 22.

Dengan beban pada bus 12 hingga 14 dialihkan ke bus 22 maka profil tegangan bus 22 mengalami penurunan dari sebelum direkonfigurasi namun penurunan masih dalam batas tegangan yang diijinkan.

Sedangkan bus 15 sampai bus 18 dan 33 langsung mendapatkan suplai tegangan dari bus 9 yang mana level tegangan nya lebih tinggi sehingga berefek meningkatnya tegangan bus-bus tersebut, Begitu juga dengan bus 26 hingga bus 28 terjadi kenaikan tegangan karena bus-bus tersebut setelah direkonfigurasi tidak lagi menanggung beban pada bus 29 hingga 33.

Beban pada bus 29 hingga 32 ditanggung oleh aliran dari bus 23 sampai 25 yang level tegangannya sebelum direkonfigurasi sangat baik, Namun setelah direkonfigurasi terjadi penurunan tegangan pada bus 23 hingga 25 karena mendapatkan tambahan beban dari bus 29 hingga 33.

Dengan begitu sesuai dengan teori dari rekonfigurasi jaringan yang mengubah topologi jaringan untuk mendapatkan profil tegangan dan deviasi setiap bus lebih baik dapat dibuktikan.

Namun konsekuensi lain dari rekonfigurasi jaringan yakni akan akan beberap bus yang mengalami penurunan tegangan karena mendapat pengalihan beban, Dengan demikian maka nilai hambatan total dari jaringan akan lebih kecil menyebabkan beban line yang ditanggung juga lebih kecil dan mampu menaikkan tegangan.

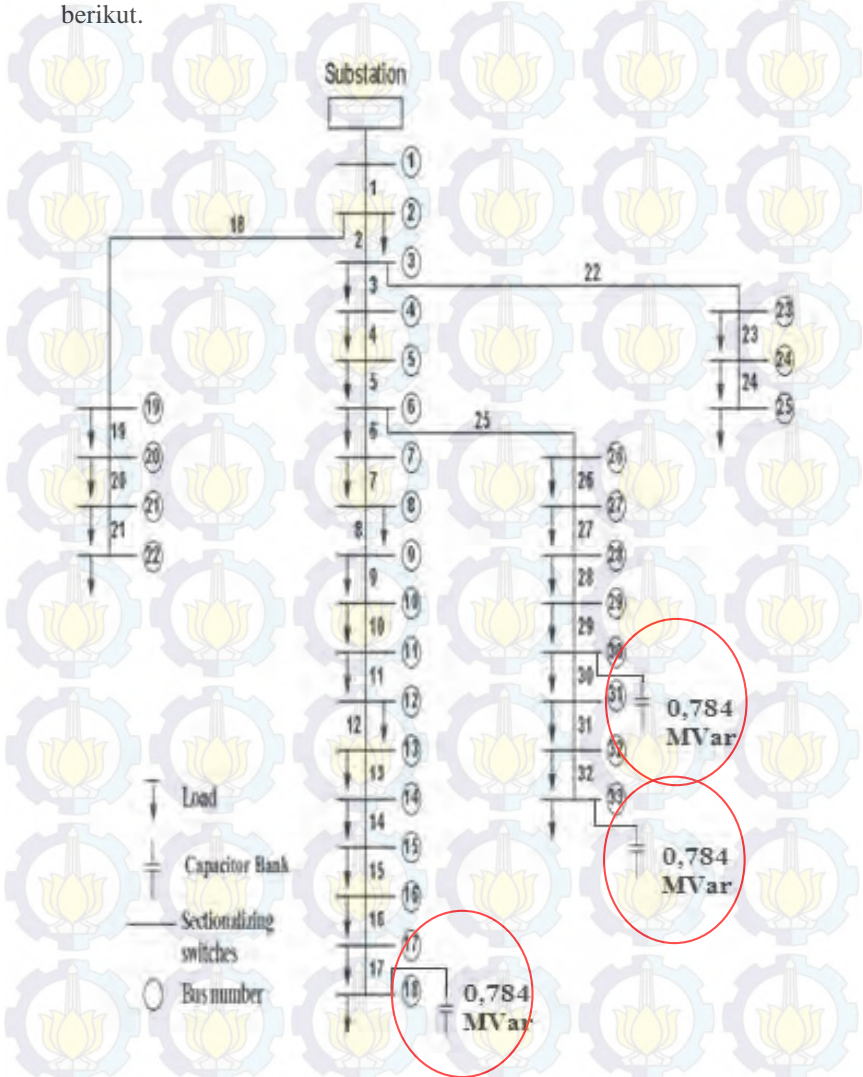
4.3 Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor Menggunakan Algoritma Genetika

Adapaun cara lain untuk memperbaiki profil tegangan dan memperkecil deviasi tegangan yakni dengan memasang kapasitor pada jaringan, Dari hasil simulasi maka didapatkan lokasi, kapasitas dan jumlah kapasitor yang dipasang pada jaringan sehingga didapat nilai deviasi tegangan memenuhi batasan tegangan yang ditetapkan. Dan nilai tersebut yakni

Tabel 4.4 Hasil Kapasitas Kapasitor Terpasang

Lokasi	Jumlah	Kapasitas
Bus 18	1 buah	0,784 MVar
Bus 32	1 buah	0,784 MVar
Bus 29	1 buah	0,784 MVar
Total	3 buah	2,352 Mvar

Adapun bentuk penerapan di jaringan IEEE 33 Bus beserta nilai tegangan, deviasi tegangan dengan pemasangan kapsitor diatas sebagai berikut.



Gambar 4.7 Hasil Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada IEEE 33 Bus Mmenggunakan Algoritma Genetiak

Gambar diatas merupakan hasil simulasi Algoritma Genetika dalam pencarian lokasi kapsitor teroptimal. Pada gambar tidak adanya *tie switch* karena pada kasus ini *tie switch* tidak digunakan atau dinonaktifkan. Sementara untuk table hasil tegangan dan deviasi setiap fasa beserta lokasi dan ukuran kapsitor yakni sebai berikut

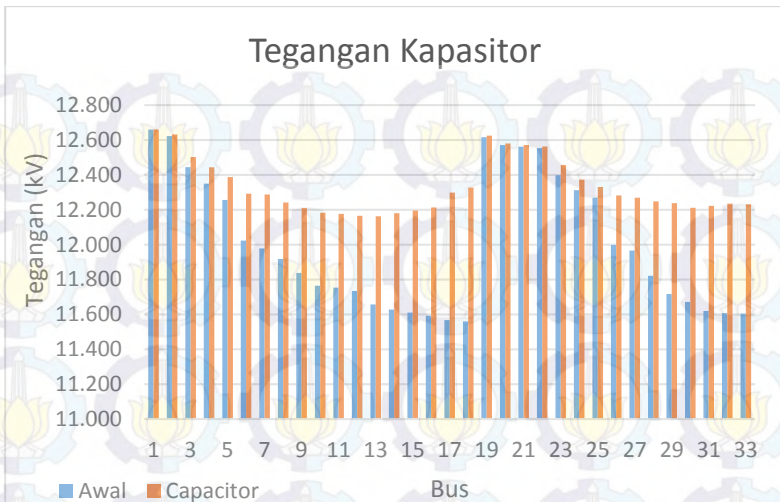
Tabel 4.5 Hasil Simulasi Penentuan Lokasi Kapasitor pada IEEE 33 Bus

No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
1	12,66	0,000
2	12,6315	-0,002
3	12,5015	-0,013
4	12,4428	-0,017
5	12,3869	-0,022
6	12,292	-0,029
7	12,2873	-0,029
8	12,2411	-0,033
9	12,209	-0,036
10	12,183	-0,038
11	12,1764	-0,038
12	12,1654	-0,039
13	12,1625	-0,039
14	12,1797	-0,038
15	12,1955	-0,037
16	12,2132	-0,035
17	12,2978	-0,029
18	12,327	-0,026
19	12,6248	-0,003
20	12,5795	-0,006
21	12,5706	-0,007

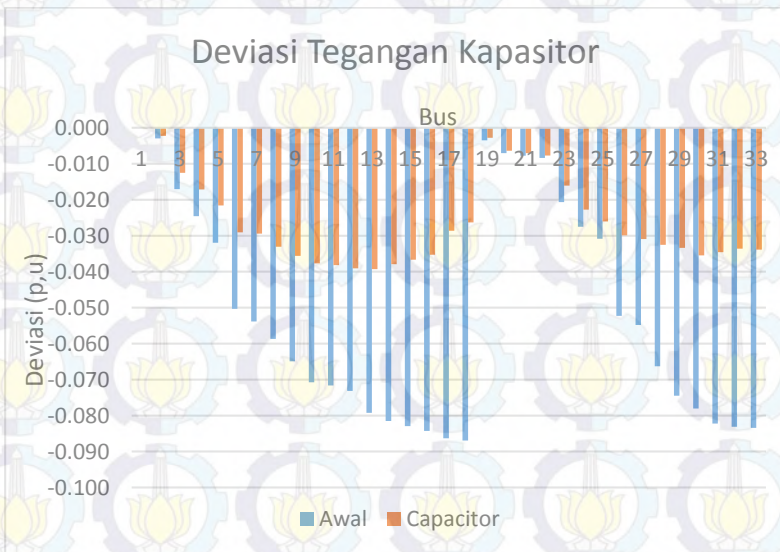
No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
22	12,5625	-0,008
23	12,4563	-0,016
24	12,3722	-0,023
25	12,3303	-0,026
26	12,2815	-0,030
27	12,2685	-0,031
28	12,2479	-0,033
29	12,2377	-0,033
30	12,2111	-0,035
31	12,2224	-0,035
32	12,2346	-0,034
33	12,2312	-0,034
Max	12,66	0,000
Min	12,1625	-0,039

Ketiga tabel diatas merupakan data hasil simulasi dari melakukan pemasangan kapasitor pada jaringan IEEE 33 bus, Tabel pertama merupakan magnitude tegangan dan deviasi dari fasa R, table 4.2 magnitude tegangan dan deviasi dari fasa S, table 4.3 magnitude tegangan dan deviasi dari fasa T dari ketiga table juga terlihat nilai yang sama,Ini karena *plant* yang digunakan merupakan *plant* dengan beban seimbang.

Dari data diatas didapat data bahwa terjadi *drop* tegangan sebesar 0,039 p.u. Sedangkan tegangan terkecil dari 33 bus yakni pada bus 13 dengan tegangan **121625 kV**, Dengan penurunan tegangan terbesar yakni 0,039 maka nilai tersebut sudah memenuhi batsan tegangan yang ditetapkan pada tugas akhir ini. Terlihat juga tidak terjadi *over voltage*, Ini dibuktikan dengan nilai deviasi maksimum yakni 0. Data diatas juga menunjukkan bahwa dengan menggunakan kapasitor mampu menaikkan tegangan secara signifikan.



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Tegangan Setelah Dipasang Kapasitor



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Deviasi Tegangan Setelah Dipasang Kapasitor

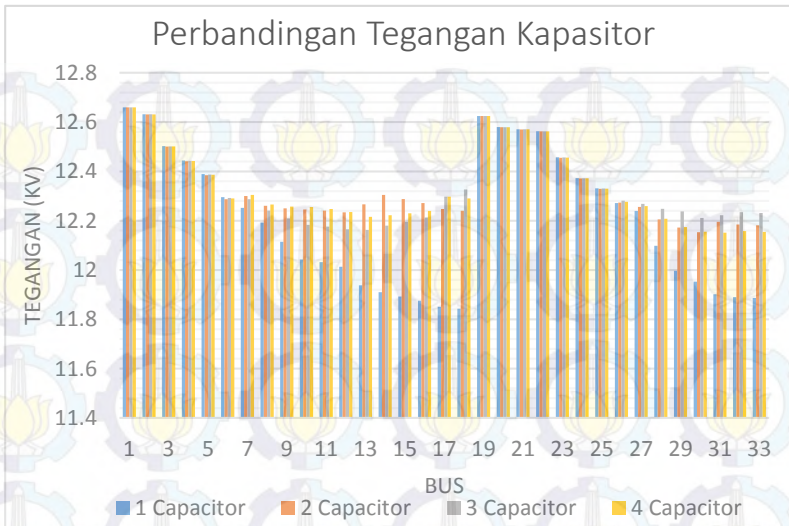
Berkurangnya penurunan tegangan yang terjadi yakni pada kondisi awal hingga 0,08 p.u maka hanya terjadi penurunan tegangan pada 0,039 p.u Hal ini sesuai dengan prinsip pemasangan kapasitor secara parallel maupun langsung pada beban untuk mempertahankan tegangan beban tetap konstan pada tegangan nominal. Dengan sifat kapasitor yang membangkitkan daya reaktif negative dan beban membangkitkan daya reaktif positif maka akan terjadi pengurangan daya reaktif pada sistem jaringan.

Ini menyebabkan penurunan tegangan pada saluran menjadi kecil sehingga tegangan pada sisi terima tidak terlalu jauh dari sisi kirim. Dari hasil optimasi juga didapatkan lokasi yang terjadi drop tegangan yang besar. Seperti pemasangan kapasitor pada bus 18 yang mana pada bus ini sebelum dilakukan terjadi penurunan tegangan dibawah standar - 0,05 p.u, Dari pemasangan kapasitor pada bus 18 ini juga berdampak hingga pada bus 2. Ini karena pada dengan pemasangan kapasitor pada bus 18 maka beban yang dipikul oleh bus 18 akan berkurang sehingga *drop* tegangan dari bus 2 hingga bus 18 akan berkurang, Dengan naiknya tegangan pada bus 7 maka bus 8 hingga 14 juga akan naik.

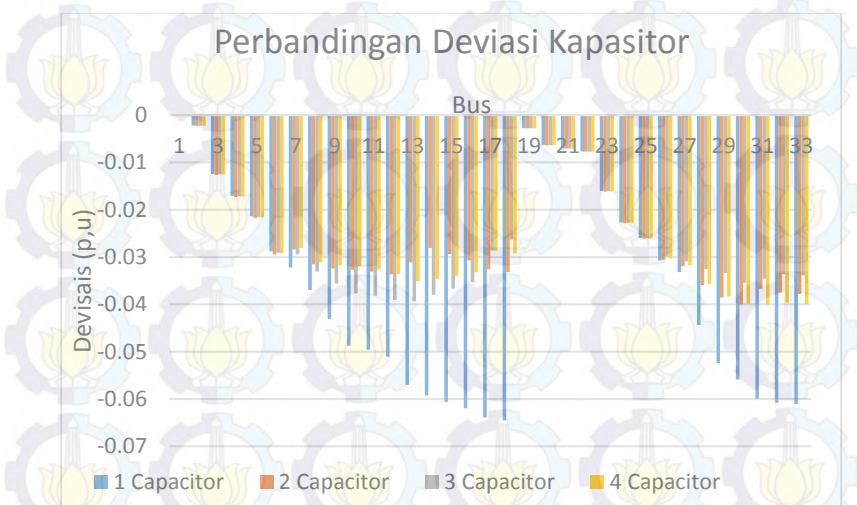
Kemudian pemasangan kapasitor pada bus 29 dan bus 32 menyebabkan tegangan pada bus 33 hingga 26 mengalami kenaikan, Pemasangan pada bus-bus ini juga karena sebelum dilakukan pemasangan kapasitor tegangan bus berada dibawah 0,95 p.u.

4.3.1 Perbandingan Optimasi Dengan Jumlah Kapasitor yang Berbeda

Perbandingan ini dimaksudkan untuk mengetahui efek dari penggunaan jumlah kapasitor dengan jumlah yang berbeda namun total kapasitas yang mendekati. Adapun parameter yang dilihat yakni profil tegangan tiap bus dan deviasi tegangan tiap bus.



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Tegangan Dengan Jumlah Kapsitor Berbeda-beda



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Deviasi Tegangan Dengan Jumlah Kapsitor Berbeda-beda

Tabel 4.6 Hasil Simulasi Perbandingan Jumlah Kapasitor yang Berbeda

Kapasitor			Tegangan		Deviasi	
Jumlah	Total Kapasitas (MVar)	Lokasi	Maks (kV)	Min (kV)	Maks (p,u)	Min (p,u)
1	2,352	Bus 6	12,66	11,843	0	-0,0645
2	2,316	Bus 14, 31	12,66	12,153	0	-0,0400
3	2,352	Bus 18, 32, 29	12,66	12,162	0	-0,0393
4	2,316	Bus 10, 32, 17, 30	12,66	12,151	0	-0,0401

Data diatas merupakan data hasil optimasi dengan jumlah kapasitor yang berbeda namun total kapasitas yang hampir sama yakni mendekati 2,4 MVar. Dengan data diatas terlihat bahwa dengan menggunakan 1 kapasitor dengan kapasitor yang besar tidak teralu baik untuk memperkecil deviasi tegangan karena nilai deviasi yang dihasilkan dibawah 0,05 p.u tidak memenuhi standar. Sehingga memasang kapasitor dengan jumlah banyak namun kapasitas yang lebih kecil lebih dapat menjaga deviasi tegangan lebih baik. Ini terlihat dengan pemasangan 2 kapasitor dengan total kapasitas 2,316 MVar tidak terjadi *over voltage* dan deviasi tegangan terbesar yakni 0,4 p.u.

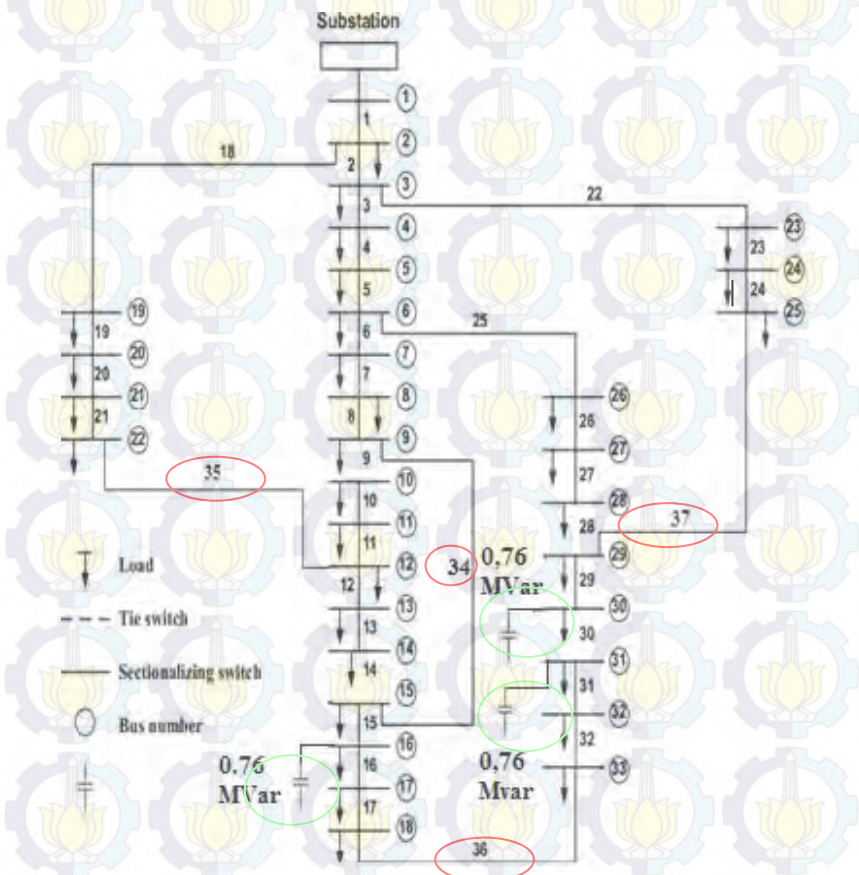
Nilai ini memenuhi *constraint* tegangan yang ditetapkan. Selanjutnya dengan menggunakan 3 kapasitor dengan total 2,352 MVar didapat nilai devasi tegangan yang lebih baik yakni 0,0393 p.u. Namun Dengan menggunakan 4 kapsitor dengan total 2,316 MVar didapatkan nilai deviasi tegangan yang lebih besar yakni 0,0401 p.u.

Dengan demikian menggunakan 3 kapasitor dengan jumlah yang tidak jauh berbeda lebih optimal dibandingkan dengan menggunakan 1 dua atau tiga kapasitor. Perbandingan diatas untuk melihat efektifitas pemasangan kapsitor dengan total kapasitas yang tidak jauh berbeda namun jumlah yang berbeda. Ini dimaksudkan untuk memberikan pilihan dalam perencanaan dan perhitungan biaya, Dimana dalam perencanaan sangat memperhatikan aspek harga dan efektifitas dari setiap peralatan yang akan di pasang. Hasil optimasi juga menunjukkan dapat mencari lokasi dan ukuran yang mengutamakan pengurangan drop tegangan, namun menjaga tidak terjadi *over voltage*. Sehingga dalam memenuhi

kebutuhan akan permintaan beban dengan deviasi tegangan yang tidak terlalu besar dapat terpenuhi.

4.4 Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor Menggunakan Algoritma Genetika

Pada subbab ini akan ditampilkan hasil simulasi optimasi pengurangan deviasi tegangan hasil dari rekonfigurasi dan penambahan kapasitor pada sistem.



Gambar 4.12 Lokasi & Ukuran Kapasitor beserta *Tie Switch* yang Dibuka dan Di Tutup

Gambar 4.12 merupakan gambar hasil simulasi Algoritma Genetika untuk penempatan kapsitor paling optimal dan rekonfigurasi yang paling optimal.

Tabel 4,7 Kombinasi *Tie Switch* dan Nilai Serta Lokasi Kapasitor

Capacitor		Tie Switch	
Lokasi	Ukuran	Buka	Tutup
BUS 16	0,76 Mvar	Bus 8 ke Bus 21	-
BUS 30	0,76 Mvar	Bus 9 ke Bus 10	Bus 12 ke Bus 22
BUS 31	0,76 Mvar	Bus 14 ke Bus 15	Bus 9 ke Bus 15
-	-	Bus 30 ke Bus 31	Bus 18 ke Bus 33
-	-	Bus 27 ke Bus 28	Bus 25 ke Bus 29

Dari penggunaan kapasitor dan rekonfigurasi digunakan 3 kapsitor yang total kapasitasnya 2,28 Mvar. Dan menggunakan 4 rekonfigurasi. Maka dari itu Algoritma genetika dengan kapasitor dan rekonfigurasi dapat mengurangi penggunaan total kapasitas kapasitor.

Yang mana pada kasus kapasitor menggunakan kapasitor dengan total 2,352 Mva. Sedangkan untuk rekonfigurasi penggunaan tie switch juga berkurang yang pada kasus rekonfigurasi menggunakan 5 tie switch sedangkan pada kasus penggabungan ini hanya menggunakan 4 tie switch. Untuk hasil tegangan dan deviasi tegangan adalah seperti table dibawah ini.

Tabel 4.8 Hasil Simulasi Rekonfigurasi & Penentuan Lokasi Kapasitor
pada IEEE 33 Bus

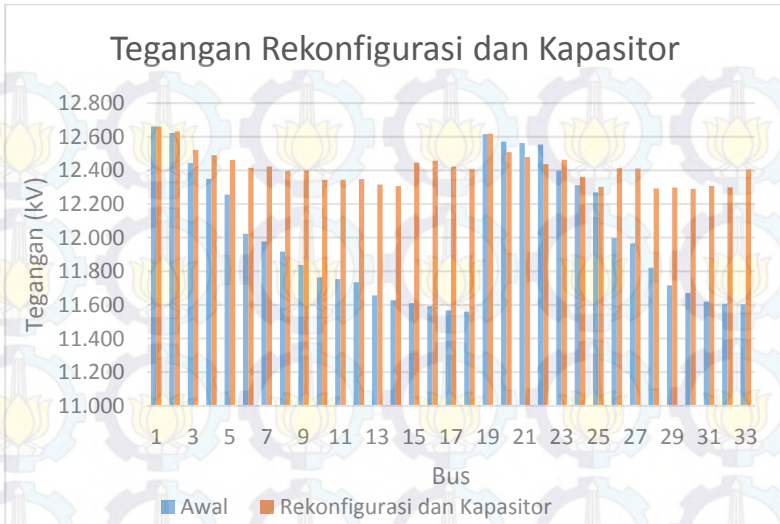
No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
1	12,660	0,000
2	12,632	-0,002
3	12,521	-0,011
4	12,490	-0,013
5	12,462	-0,016
6	12,415	-0,019
7	12,423	-0,019
8	12,397	-0,021
9	12,400	-0,021
10	12,343	-0,025
11	12,344	-0,025
12	12,348	-0,025
13	12,316	-0,027
14	12,306	-0,028
15	12,446	-0,017
16	12,458	-0,016
17	12,422	-0,019
18	12,410	-0,020
19	12,618	-0,003
20	12,508	-0,012
21	12,480	-0,014
22	12,437	-0,018
23	12,464	-0,016
24	12,361	-0,024
25	12,301	-0,028
26	12,413	-0,020
27	12,411	-0,020
28	12,292	-0,029
29	12,298	-0,029

No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
30	12,290	-0,029
31	12,307	-0,028
32	12,299	-0,029
33	12,406	-0,020
Max	12,660	0,000
Min	12,290	-0,029

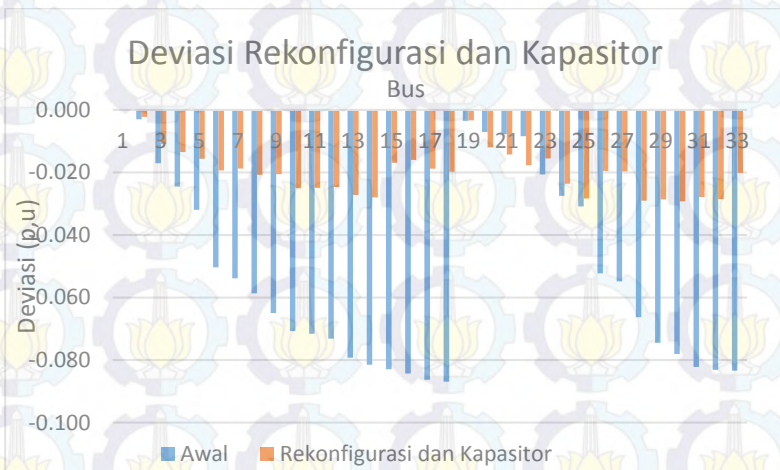
Tabel diatas merupakan data hasil simulasi dari melakukan rekonfigurasi dan pemasangan kapasitor pada jaringan IEEE 33 bus. Parameter yang diambil yakni hanya tegangan dan deviasi tegangan. Dari data diatas didapat data bahwa terjadi *drop* tegangan sebesar 0,029 p.u. Sedangkan tegangan terkecil dari 33 bus yakni pada bus 30 dengan tegangan **12,290 kV**. Dengan penurunan tegangan terbesar yakni 0,029 p.u maka nilai tersebut sudah memenuhi batasan tegangan yang ditetapkan pada tugas akhir ini, Terlihat juga tidak terjadi *over voltage*. Ini dibuktikan dengan nilai deviasi maksimum yakni 0.

Dengan melakukan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor secara simultan maka dapat terlihat bahwa baik profil tegangan maupun deviasi lebih dapat dijaga mendekati tegangan nominal. Dengan penggabungan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor maka kapasitor dapat mengkompensasi *drop* tegangan yang terjadi ketika kapasitor. yang mana hanya dengan rekonfigurasi tidak dapat menaikkan tegangan hingga dibawah standar yang diinginkan

Data diatas menunjukkan dengan penggabungan rekonfigurasi dan kapasitor dapat menurunkan total kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai deviasi tegangan yang lebih baik penggunaan jumlah kapasitor yang lebih banyak dengan total 2,28 Mvar dan *tie switch* yang digunakan yakni 4 buah.



Gambar 4.13 Perbandingan Tegangan Setelah Rekonfigurasi dan Pemasangan Kapasitor dengan Kondisi Awal



Gambar 4.14 Perbandingan Deviasi Tegangan Setelah Rekonfigurasi dan Pemasangan Kapasitor dengan Kondisi Awal

4.5 Perbandingan Semua Kasus

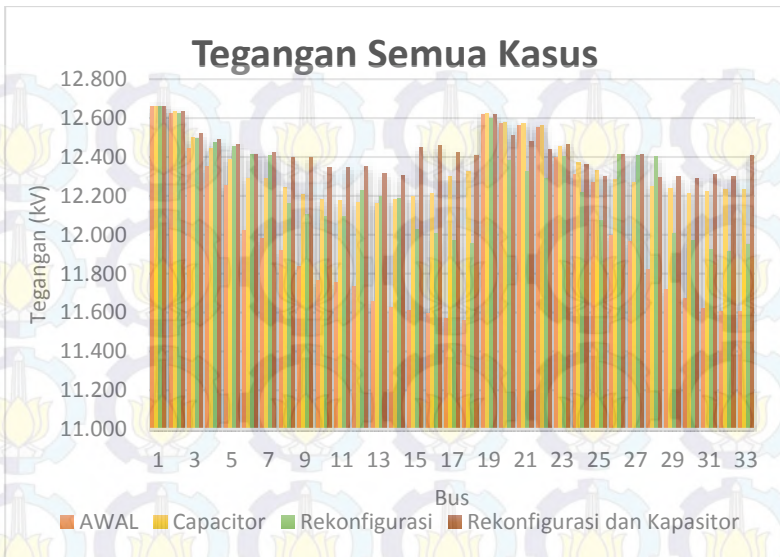
Pada bagian ini akan ditunjukkan hasil dari semua kasus yakni dari kasus *base case*, rekonfigurasi, kapasitor maupun rekonfigurasi dan kapasitor/ Dengan menunjukkan hasil dari semua kasus akan diketahui perbandingan tegangan tiap bus, deviasi tiap bus, kombinasi *tie switch*, lokasi kapasitor

Tabel, 4,9 Perbandingan Hasil Dari Semua Kasus

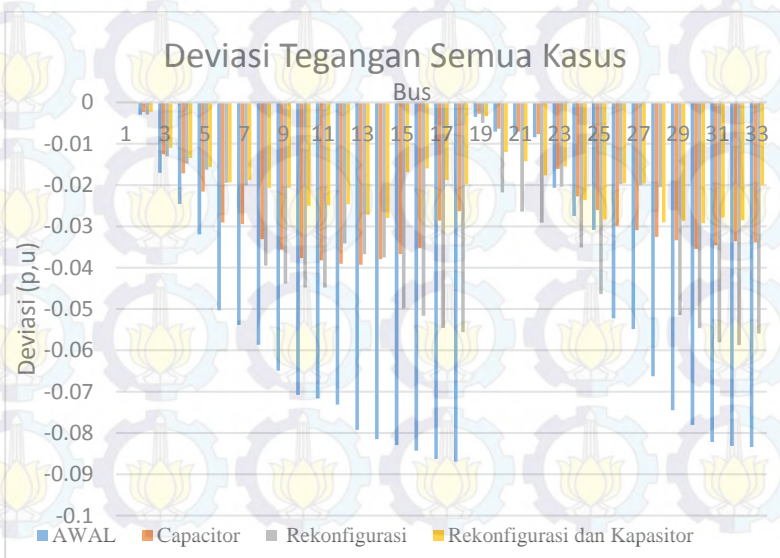
Kasus	Jumlah Tie Switch	Kapasitor		Tegangan		Deviasi	
		Jumlah	Total Kapasitas (MVar)	Maks (kV)	Min (kV)	Maks (p,u)	Min (p,u)
Awal	-	-	-	12,660	11,560	0,000	-0,087
Rekonfigurasi	5	-	-	12,660	11,917	0,000	-0,059
Kapasitor	-	3	2,352	12,660	12,163	0,000	-0,039
Rekonfigurasi & Kapasitor	4	3	2,28	12,660	12,290	0,000	-0,029

Dari data diatas dapat di ketahui perbandingan dari keempat kasus diatas pada kasus awal tidak menggunakan kapasitor dan rekonfigurasi tegangan terkecil yakni 11,560 kV. Dengan deviasi terbesar 0,087 p.u. kemudian dilakukan rekonfigurasi jaringan dengan menggunakan 5 tie switch maka di dapat hasil tegangan minimal yakni 11,9167 kV. Dengan drop tegangan yakni 0,059 p.u.

Sedangkan untuk pemasangan kapasitor dengan 3 kapasitor dengan total kapasitas 2,352 MVar. didapat nilai tegangan terkecil yakni 12,163 kV dengan drop terbesar yakni 0,039 p,u, Kemudian dengan menggabungkan keduanya maka algoritma genetika dapat menurunkan total kapasitas kapsitor menjadi 2,28 MVar dan hanya menggunakan 4 tie switch namun mendapatkan nilai deviasi yang lebih kecil yakni deviasi tegangan sebesar 0,029 p.u. dan tegangan terkecil yakni 12,290 Kv.



Gambar 4.15 Perbandingan Tegangan Semua Kasus



Gambar 4.16 Perbandingan Deviasi Tegangan Semua Kasus

4.6 Validasi Hasil Simulasi Dengan Matlab

Untuk mengetahui ke akuratan dari hasil optimasi yang didapat maka berikut adalah validasi ke program ETAP

4.6.1 Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus (Awal)

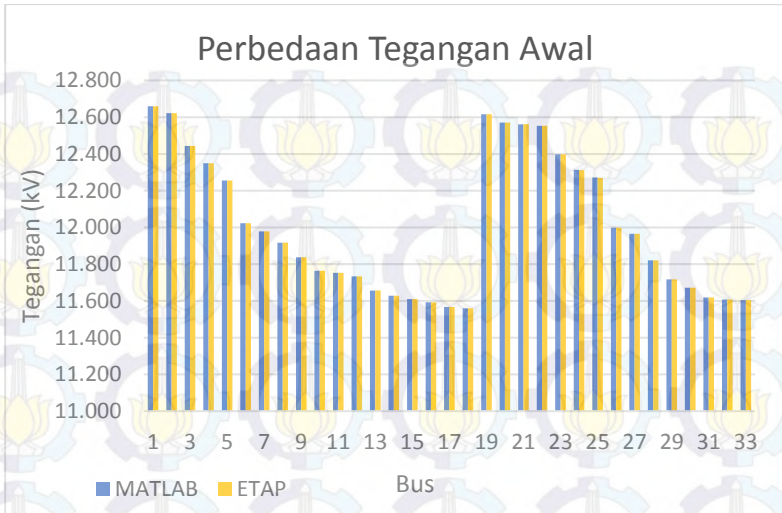
Berikut hasil validasi antara hasil simulasi dengan hasil ETAP pada *Base Case*. Adapun parameter yang di bandingkan yakni hasil tegangan dengan hasil deviasi setiap bus

Tabel 4,10 Validasi *Base Case*

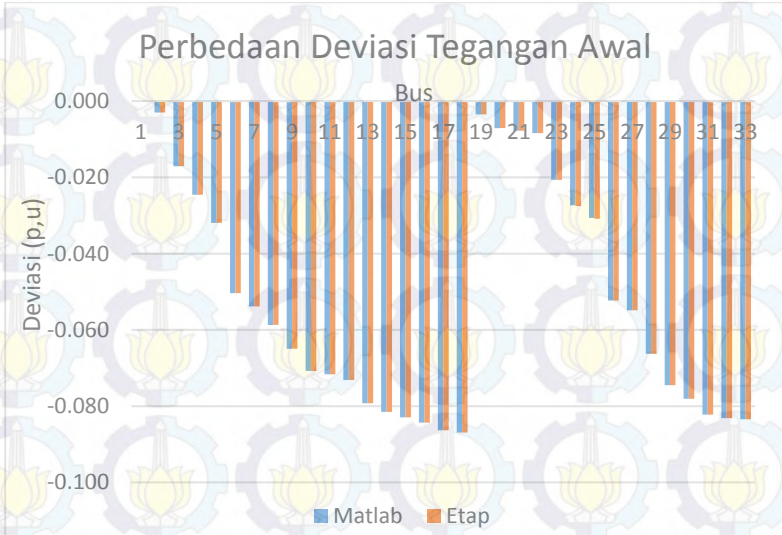
No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		Error (%)
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
1	12,660	12,660	0,00000	0,00000	0,00000
2	12,622	12,622	-0,00297	-0,00297	0,00000
3	12,444	12,444	-0,01706	-0,01706	0,00016
4	12,349	12,349	-0,02454	-0,02455	0,00083
5	12,256	12,256	-0,03194	-0,03194	0,00032
6	12,023	12,023	-0,05034	-0,05034	0,00004
7	11,979	11,979	-0,05383	-0,05383	0,00010
8	11,917	11,917	-0,05869	-0,05867	0,00200
9	11,838	11,838	-0,06496	-0,06494	0,00219
10	11,764	11,764	-0,07077	-0,07076	0,00152
11	11,753	11,753	-0,07164	-0,07162	0,00162
12	11,734	11,734	-0,07314	-0,07313	0,00063
13	11,657	11,657	-0,07925	-0,07924	0,00104
14	11,628	11,628	-0,08152	-0,08151	0,00072
15	11,610	11,610	-0,08292	-0,08292	0,00028
16	11,593	11,593	-0,08430	-0,08429	0,00076
17	11,567	11,567	-0,08632	-0,08632	0,00010
18	11,560	11,560	-0,08693	-0,08692	0,00000
19	12,616	12,616	-0,00350	-0,00350	0,00001
20	12,570	12,571	-0,00708	-0,00706	0,00009

No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		Error (%)
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
21	12,562	12,562	-0,00778	-0,00776	0,00033
22	12,554	12,554	-0,00841	-0,00840	0,00010
23	12,399	12,399	-0,02065	-0,02065	0,00001
24	12,314	12,312	-0,02732	-0,02752	0,00002
25	12,272	12,269	-0,03065	-0,03086	0,00032
26	11,998	11,998	-0,05227	-0,05227	0,00032
27	11,966	11,966	-0,05483	-0,05484	0,00020
28	11,821	11,821	-0,06627	-0,06628	0,00021
29	11,717	11,717	-0,07449	-0,07450	0,00008
30	11,672	11,672	-0,07805	-0,07805	0,00012
31	11,619	11,619	-0,08221	-0,08221	0,00008
32	11,608	11,608	-0,08313	-0,08313	0,00003
33	11,604	11,604	-0,08341	-0,08341	0,00008
Max	12,660	12,660	0,00000	0,00000	0,00724
Min	11,560	11,560	-0,08341	-0,08341	0,00000

Dari datas diatas terlihat bahwa hasil perbandingan anantara hasil simulasi dengan matlab yakni dengan eror terbesar 0,00724 %. Dengan nilai eror tersebut maka dapat dikatakan bahwa hasil simulasi dengan hasil etap sudah cukup akurat. Atau secara grafik sebagai berikut:



Gambar 4.17 Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Awal



Gambar 4.18 Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Awal

4.6.2 Rekonfigurasi Jaringan

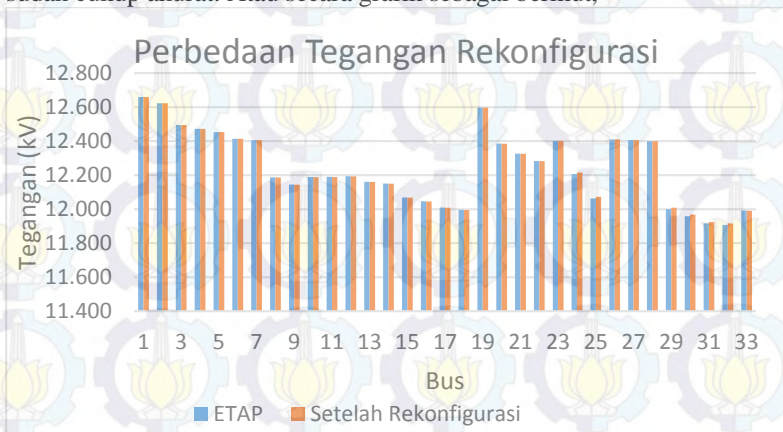
Berikut hasil validasi antara hasil simulasi dengan hasil ETAP pada rekonfigurasi, Adapun parameter yang di bandingkan yakni hasil tegangan dengan hasil deviasi setiap bus. Teknik yang digunakan untuk perbandingan yakni hasil optimasi dari Algoritma Genetika kemudian diterapkan secara manual dengan Etap

Tabel 4,11 Validasi Rekonfigurasi

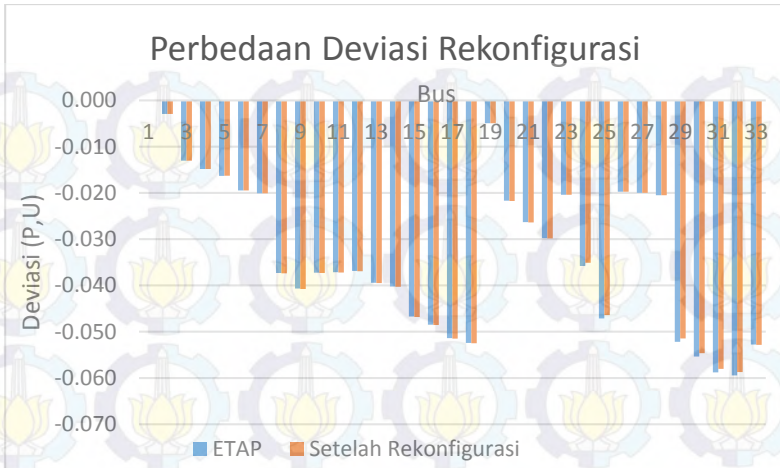
No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
1	12,660	12,66	0,000	0	0,000
2	12,623	12,623	-0,003	-0,00292	0,000
3	12,495	12,495	-0,013	-0,01302	0,000
4	12,473	12,472	-0,015	-0,01482	0,001
5	12,454	12,454	-0,016	-0,0163	0,001
6	12,414	12,414	-0,019	-0,01945	0,001
7	12,406	12,406	-0,020	-0,02009	0,001
8	12,187	12,188	-0,037	-0,03731	0,008
9	12,144	12,145	-0,041	-0,04067	0,008
10	12,188	12,189	-0,037	-0,03722	0,008
11	12,189	12,19	-0,037	-0,03714	0,008
12	12,193	12,194	-0,037	-0,03684	0,008
13	12,160	12,161	-0,039	-0,03942	0,008
14	12,150	12,151	-0,040	-0,04022	0,008
15	12,067	12,068	-0,047	-0,04673	0,009
16	12,045	12,046	-0,048	-0,04848	0,008
17	12,008	12,009	-0,051	-0,0514	0,009
18	11,995	11,996	-0,052	-0,05243	0,008
19	12,598	12,598	-0,005	-0,00492	0,000
20	12,385	12,386	-0,022	-0,02168	0,008
21	12,326	12,327	-0,026	-0,02631	0,008

No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
22	12,282	12,283	-0,030	-0,02977	0,008
23	12,402	12,402	-0,020	-0,02039	0,001
24	12,216	12,207	-0,036	-0,03577	0,068
25	12,072	12,063	-0,047	-0,04714	0,076
26	12,410	12,41	-0,020	-0,01973	0,001
27	12,407	12,407	-0,020	-0,01999	0,001
29	12,400	12,4	-0,021	-0,02051	0,001
30	12,009	12	-0,052	-0,05216	0,077
31	11,968	11,959	-0,055	-0,05536	0,078
32	11,925	11,916	-0,059	-0,05878	0,078
33	11,917	11,907	-0,059	-0,05945	0,078
Max	11,991	11,992	-0,053	-0,05276	0,008
Min	12,66	12,66	0,000	0	0,078

Dari data diatas terlihat bahwa hasil perbandingan anatara hasil simulasi dengan matlab yakni dengan eror terbesar 0,078 %. Dengan nilai eror tersebut maka dapat dikatakan bahwa hasil simulasi dengan hasil etap sudah cukup akurat. Atau secara grafik sebagai berikut,



Gambar 4.19 Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi



Gambar 4.20 Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi

4.6.3 Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor

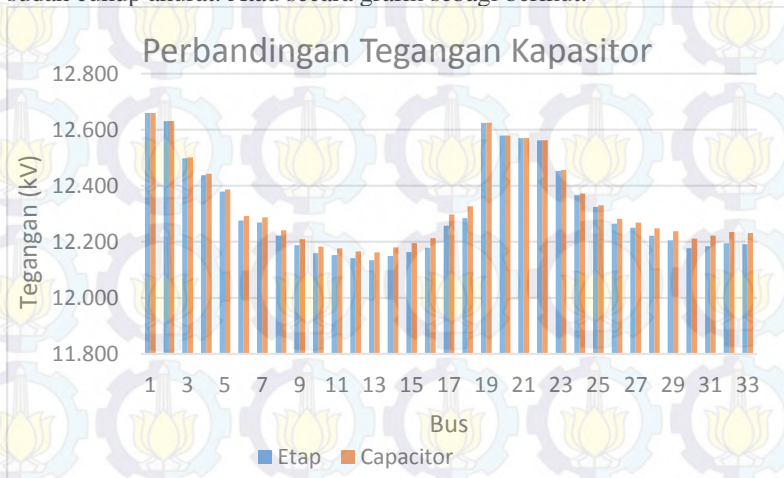
Berikut hasil validasi antara hasil simulasi dengan hasil ETAP pada penentuan lokasi dan ukuran kapasitor. Adapun parameter yang di bandingkan yakni hasil tegangan dengan hasil deviasi setiap bus. Teknik yang digunakan untuk perbandingan yakni hasil optimasi dari Algoritma Genetika kemudian diterapkan secara manual dengan Etap

Tabel 4.12 Validasi Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor

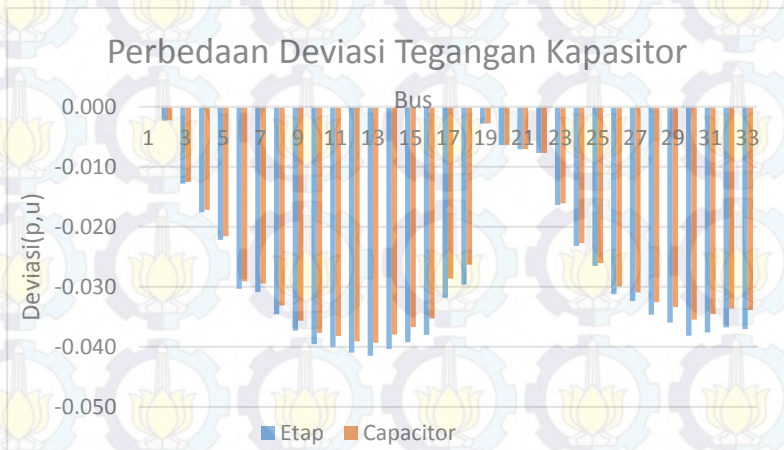
No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error Matlab
	Matlab	ETAP	Matlab	Matlab	
1	12,660	12,660	0,000	0,000	0,000
2	12,631	12,632	-0,002	-0,003	0,004
3	12,498	12,502	-0,013	-0,017	0,026
4	12,438	12,443	-0,018	-0,025	0,042
5	12,379	12,387	-0,022	-0,032	0,060
6	12,276	12,292	-0,030	-0,050	0,130
7	12,269	12,287	-0,031	-0,054	0,147
8	12,222	12,241	-0,035	-0,059	0,152

No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error Matlab
	Matlab	ETAP	Matlab	Matlab	
9	12,188	12,209	-0,037	0,000	0,173
10	12,159	12,183	-0,040	-0,002	0,194
11	12,153	12,176	-0,040	-0,013	0,196
12	12,141	12,165	-0,041	-0,017	0,197
13	12,135	12,163	-0,042	-0,022	0,231
14	12,149	12,180	-0,040	-0,029	0,251
15	12,163	12,196	-0,039	-0,029	0,265
16	12,179	12,213	-0,038	-0,033	0,281
17	12,258	12,298	-0,032	-0,036	0,328
18	12,285	12,327	-0,030	-0,038	0,344
19	12,624	12,625	-0,003	-0,038	0,004
20	12,579	12,580	-0,006	-0,039	0,002
21	12,570	12,571	-0,007	-0,039	0,002
22	12,562	12,563	-0,008	-0,038	0,002
23	12,453	12,456	-0,016	-0,037	0,026
24	12,366	12,372	-0,023	-0,035	0,047
25	12,324	12,330	-0,027	-0,029	0,048
26	12,265	12,282	-0,031	-0,026	0,138
27	12,250	12,269	-0,032	-0,003	0,148
28	12,222	12,248	-0,035	-0,006	0,216
29	12,205	12,238	-0,036	-0,007	0,268
30	12,177	12,211	-0,038	-0,008	0,279
31	12,184	12,222	-0,038	-0,016	0,315
32	12,195	12,235	-0,037	-0,023	0,328
33	12,191	12,231	-0,037	-0,026	0,328
Max	12,660	12,660	0,000	0,000	0,344
Min	12,135	12,163	-0,042	-0,039	0,000

Dari datas diatas terlihat bahwa hasil perbandingan anantara hasil simulasi dengan matlab yakni dengan eror terbesar 0,34 %. Dengan nilai eror tersebut maka dapat dikatakan bahwa hasil simulasi dengan hasil etap sudah cukup akurat. Atau secara grafik sebagai berikut.



Gambar 4.21 Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Kapasitor



Gambar 4.22 Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Kapasitor

4.6.4 Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor

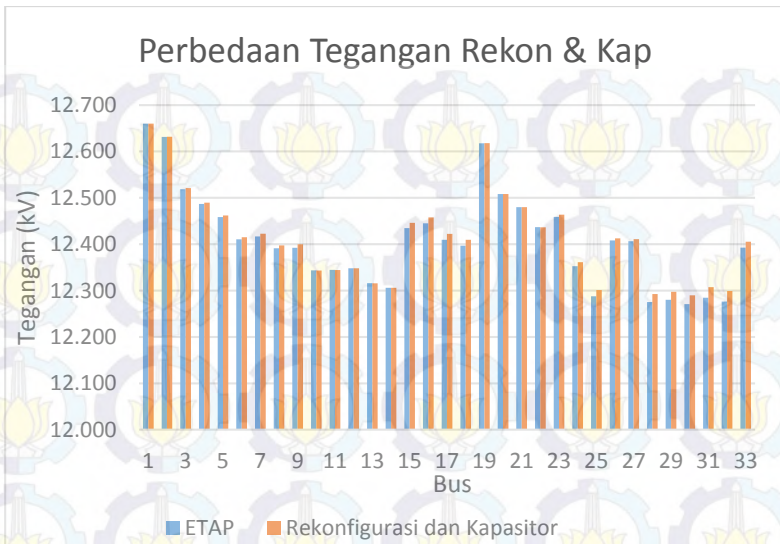
Berikut hasil validasi antara hasil simulasi dengan hasil ETAP pada penentuan lokasi dan ukuran kapasitor. Adapun parameter yang di bandingkan yakni hasil tegangan dengan hasil deviasi setiap bus. Teknik yang digunakan untuk perbandingan yakni hasil optimasi dari Algoritma Genetika kemudian diterapkan secara manual dengan Etap

Tabel 4,13 Validasi Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor

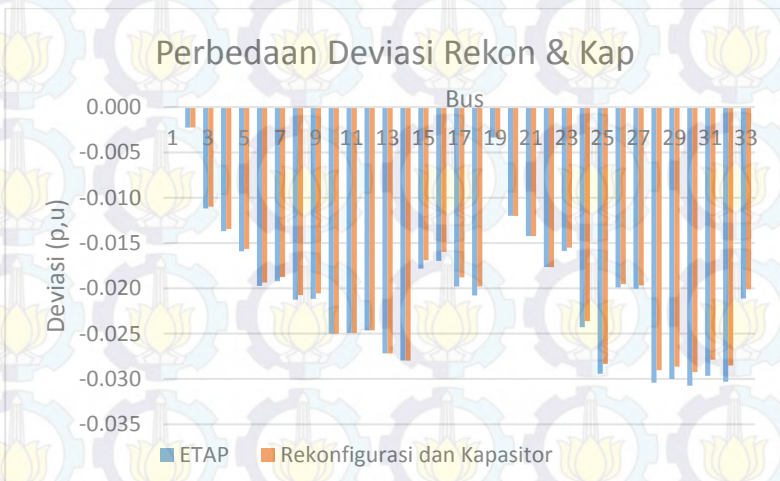
No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error Matlab
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
1	12,660	12,660	0,000	0,000	0,000
2	12,632	12,631	-0,002	-0,002	0,003
3	12,521	12,518	-0,011	-0,011	0,021
4	12,490	12,487	-0,013	-0,014	0,023
5	12,462	12,459	-0,016	-0,016	0,026
6	12,415	12,410	-0,019	-0,020	0,037
7	12,423	12,417	-0,019	-0,019	0,047
8	12,397	12,391	-0,021	-0,021	0,050
9	12,400	12,392	-0,021	-0,021	0,061
10	12,343	12,343	-0,025	-0,025	0,001
11	12,344	12,345	-0,025	-0,025	0,001
12	12,348	12,348	-0,025	-0,025	0,001
13	12,316	12,316	-0,027	-0,027	0,001
14	12,306	12,306	-0,028	-0,028	0,001
15	12,446	12,435	-0,017	-0,018	0,093
16	12,458	12,445	-0,016	-0,017	0,102
17	12,422	12,409	-0,019	-0,020	0,103
18	12,410	12,397	-0,020	-0,021	0,103
19	12,618	12,617	-0,003	-0,003	0,003
20	12,508	12,508	-0,012	-0,012	0,001

No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error Matlab
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
21	12,480	12,480	-0,014	-0,014	0,001
22	12,437	12,437	-0,018	-0,018	0,001
23	12,464	12,459	-0,016	-0,016	0,038
24	12,361	12,353	-0,024	-0,024	0,069
25	12,301	12,288	-0,028	-0,029	0,111
26	12,413	12,408	-0,020	-0,020	0,038
27	12,411	12,406	-0,020	-0,020	0,038
28	12,292	12,275	-0,029	-0,030	0,141
29	12,298	12,280	-0,029	-0,030	0,141
30	12,290	12,271	-0,029	-0,031	0,157
31	12,307	12,285	-0,028	-0,030	0,184
32	12,299	12,276	-0,029	-0,030	0,184
33	12,406	12,393	-0,020	-0,021	0,103
Max	12,660	12,660	0,000	0,000	0,184
Min	12,290	12,271	-0,029	-0,031	0,000

Dari datas diatas terlihat bahwa hasil perbandingan anatara hasil simulasi dengan matlab yakni dengan eror terbesar 0,184 %. Dengan nilai eror tersebut maka dapat dikatakan bahwa hasil simulasi dengan hasil etap sudah cukup akurat.



Gambar 4.23 Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor



Gambar 4.24 Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perancangan, simulasi, hasil dan analisa data kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma Genetika merupakan metode untuk mencoba semua kemungkinan kombinasi baik *tie switch*, lokasi dan ukuran kapasitor agar di dapat kombinasi terbaik.
2. Pemodelan rekonfigurasi jaringan dengan membuat data nominasi *tie switch* atau *tie line* yang harus dibuka dan yang harus ditutup, yang kemudian di pilih oleh Algoritma Genetika untuk mendapatkan deviasi tegangan terkecil.
3. Pemodelan ukuran dan lokasi kapasitor menggunakan Algoritma Genetika yakni dengan menominasikan semua lokasi bus kecuali bus 1 dan persentasi dari total kapasitas kapasitor yang ditetapkan yang kemudian akan dipilih oleh Algoritma Genetika sehingga didapatkan nilai deviasi tegangan terkecil.
4. Penggabungan kedua ini menghasilkan deviasi tegangan yang lebih kecil, namun semua profil tegangan sesuai dengan batasan tegangan yang ditetapkan.
5. Hasil semua kasus

Kasus	Jumlah Tie Switch	Kapasitor		Tegangan		Deviasi	
		Jumlah	Total Kapasitas (MVar)	Maks (kV)	Min (kV)	Maks (p,u)	Min (p,u)
Awal	-	-	-	12,660	11,560	0,000	-0,087
Rekonfigurasi	5	-	-	12,660	11,917	0,000	-0,059
Kapasitor	-	3	2,352	12,660	12,163	0,000	-0,039
Rekonfigurasi & Kapasitor	4	3	2,28	12,660	12,290	0,000	-0,029

5.2 Saran

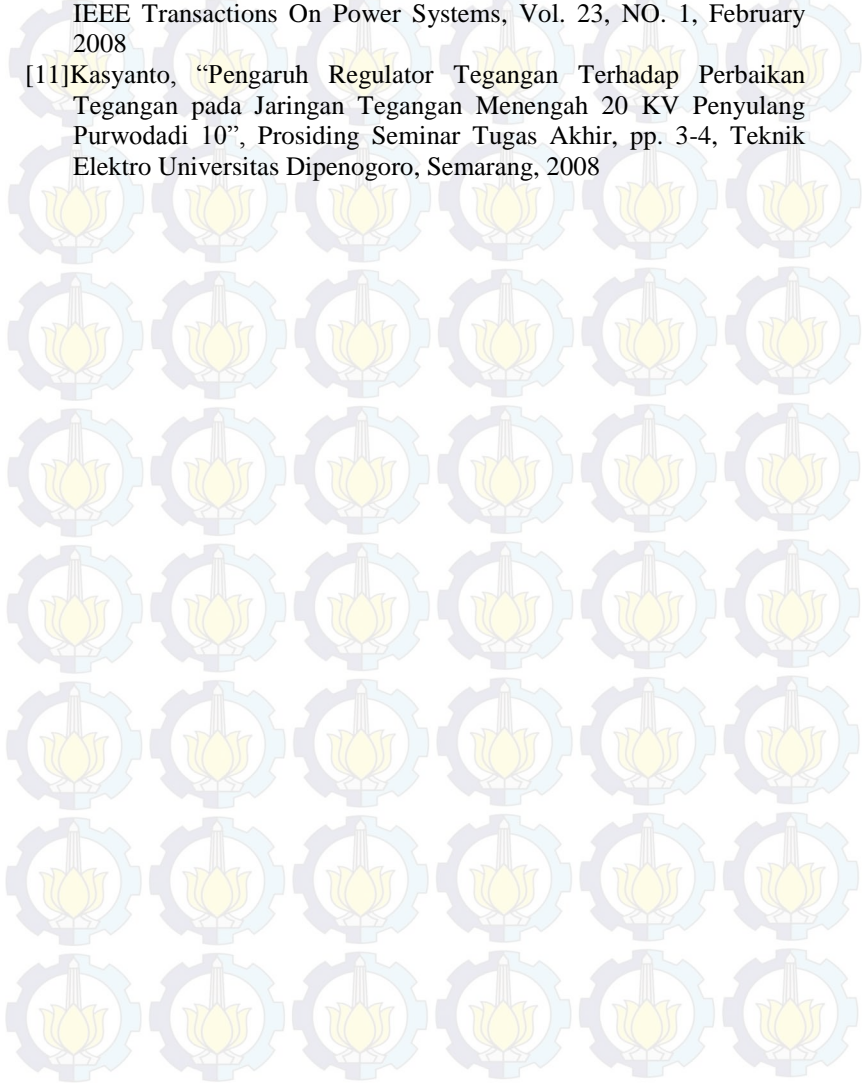
Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu perbaikan pada program aliran daya agar sesuai jika dilakukan yang tidak sangat bergantung dari urutan pemodelan topologi jaringan,
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penggabungan antara rekonfigurasi, pemasangan kapasitor, & *Distributed Generator* dan juga bisa dikembangkan untuk *multi-objective function*.
3. Untuk penelitiannya selanjutnya dapat digunakan *plant real*.

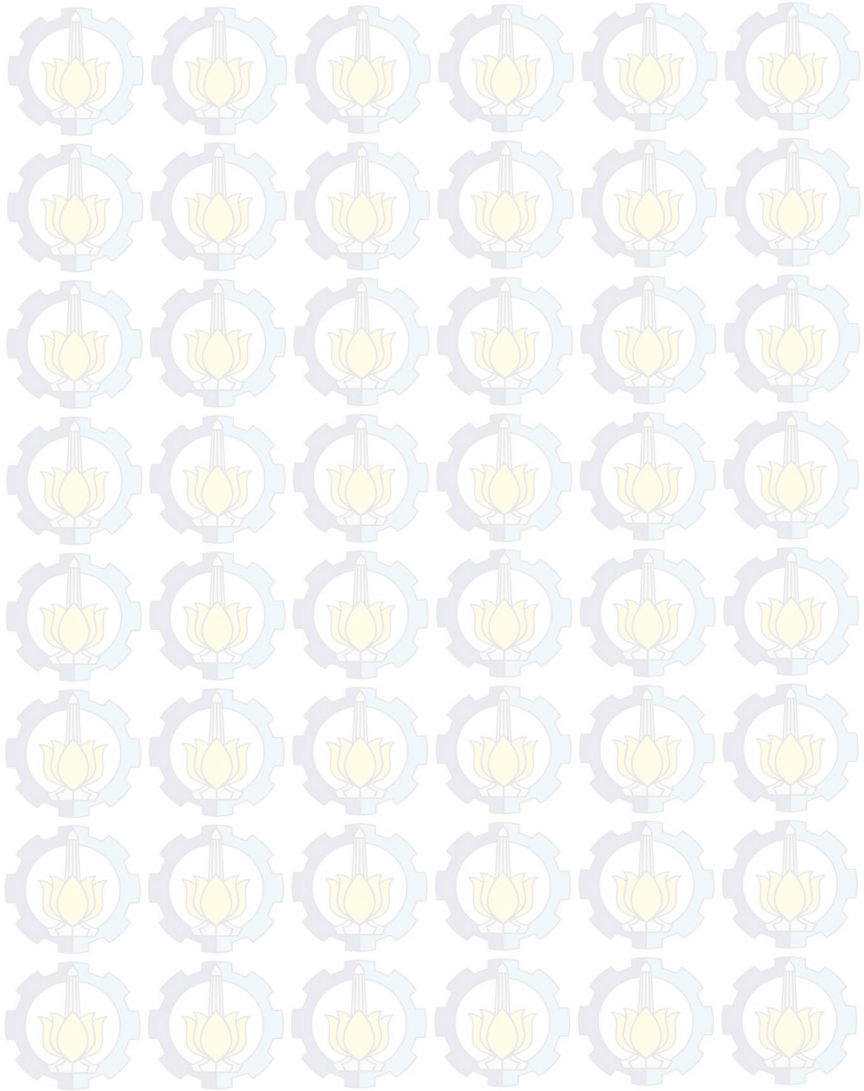
DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Gopiya Naik, “*Optimal allocation of combined DG and capacitor for real power loss minimization in distribution networks*”, Electrical Power and Energy Systems 53 (2013) 967–973
- [2] A. Mohamed Imran, “A novel integration technique for optimal network reconfiguration and distributed generation placement in power distribution networks”, Electrical Power and Energy Systems 63 (2014) 461–472
- [3] Mostafa Sedighizadeh^{1*}, “*Optimal reconfiguration and capacitor placement for power loss reduction of distribution system using improved binary particle swarm optimization*”, International Journal of Energy and Environmental Engineering, 2014, 5:3
- [4] SHOLIHAH, RATIH MAR’ATUS, “Optimisasi Konsumsi Daya Dengan Genetic Algorithm - Conservation Voltage Reduction (Ga-Cvr) Pada Microgrid”, Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2015
- [5] Nisa, Tyas Khairun, “Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor untuk Menurunkan Rugi-Rugi Energi pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Menggunakan Metode *Simple Branch Exchange*”, Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2014
- [6] Suyanto, “Algoritma Genetika Matlab”, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2005
- [7] Rugthaicharoencheep, “*Distribution System Operation for Power Loss Minimization and Improved Voltage Profile with Distributed Generation and Capacitor Placements*”, International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, 2011, pp. 1187.
- [8] Sedighizadeh, Mostafa, “*Optimal Reconfiguration and Capacitor Placement for Power Loss Reduction of Distribution System Using Improved Binary Particle Swarm Optimization*”, International Journal of Energy and Environmental Engineering, 2014, pp. 5
- [9] K. S. Swarup, “*Genetic Algorithm for Optimal Capacitor Allocation in Radial Distribution Systems*”, Proceedings of the 6th WSEAS Int. Conf. on EVOLUTIONARY COMPUTING, 2005, pp. 152-159

- [10]Chun Wang. “*Optimization of Network Configuration in Large Distribution Systems Using Plant Growth Simulation Algorithm*”. IEEE Transactions On Power Systems, Vol. 23, NO. 1, February 2008
- [11]Kasyanto, “Pengaruh Regulator Tegangan Terhadap Perbaikan Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Penyulang Purwodadi 10”, Prosiding Seminar Tugas Akhir, pp. 3-4, Teknik Elektro Universitas Dipenogoro, Semarang, 2008



--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perancangan, simulasi, hasil dan analisa data kesimpulan sebagai berikut:

1. Rekonfigurasi yakni merubah topologi jaringan akibat adanya *tie line* atau *tie switch* yang dibuka maupun ditutup.
2. Pemodelan rekonfigurasi jaringan menggunakan Algoritma Genetika harus menyesuaikan dengan program aliran daya yang digunakan karena menyesuaikan dengan pembacaan topologi jaringan pada program aliran daya yang digunakan.
3. Pemodelan rekonfigurasi jaringan dengan membuat data nominasi *tie switch* atau *tie line* yang harus dibuka dan mana yang harus ditutup, yang kemudian di pilih oleh Algoritma Genetika untuk mendapatkan deviasi tegangan terkecil.
4. Pada tugas akhir ini melakukan rekonfigurasi dengan menggunakan Algoritma Genetika tegangan yang dihasilkan setiap bus tidak mampu melampaui batasan tegangan yang diijinkan.
5. Pemasangan Kapasitor dengan memperhatikan lokasi dan ukuran kapasitor dimaksudkan agar didapatkan lokasi dan ukuran yang sesuai sehingga tidak melebihi batasan tegangan yang diizinkan
6. Pemasangan kapasitor dapat mengurangi daya rektif beban maka arus yang diperlukan pada beban juga berkurang dan *drop* tegangan juga menjadi berkurang.
7. Pemodelan ukuran dan lokasi kapasitor menggunakan Algoritma Genetika yakni dengan menominasikan semua lokasi bus dan persentasi dari total kapasitas kapasitor yang ditetapkan yang kemudian akan dipilih oleh Algoritma Genetika sehingga didapatkan nilai deviasi tegangan terkecil.
8. Pada tugas akhir ini dengan pemasangan satu kapasitor dengan kapasitas yang besar dapat menimbulkan *over voltage* yang melebihi tegangan nominal naum masih dalam batasan tegangan yang diijinkan, sedangkan pemasangan kapasitor dengan jumlah yang banyak namun kapasitas kecil lebih dapat menjaga tegangan agar tidak terjadi *over voltage*, namun *drop* tegangan dapat di perkecil.
9. Menggabungkan rekonfigurasi jaringan dan pemasangan kapasitor secara simultan yakni melakukan rekonfigurasi jaringan dan

memasang kapasitor yang kemudian dari kedua ini akan didapatkan kondisi jaringan baru dengan profil tegangan yang baru.

10. Penggabungan kedua ini menghasilkan deviasi tegangan yang lebih kecil, namun semua profil tegangan sesuai dengan batasan tegangan yang ditetapkan.

11. Dikarenakan rekonfigurasi jaringan hasil terbaik tidak dapat memenuhi batasan tegangan yang ditetapkan maka akan dibantu oleh kapasitor sehingga dengan mampu menaikkan tegangan setiap bus menjadi memenuhi batasan tegangan yang diizinkan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu perbaikan pada program aliran daya agar sesuai jika dilakukan yang tidak sangat bergantung dari urutan pemodelan topologi jaringan.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penggabungan antara rekonfigurasi, pemasangan kapasitor, & *Distributed Generator* dan juga bisa dikembangkan untuk *multi-objective function*.
3. Untuk penelitiannya selanjutnya dapat digunakan *plant real* yang memang profil tegangan tiap bus ada yang tidak memenuhi batasan tegangan yang ditetapkan.

Reconfiguration And Capacitor Bank Placement for Minimizing Voltage Deviation of Three Phase Radial Distribution Network Using Optimization Power Flow

Agung Try Laksono
2213105009

Supervisor I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Supervisor II : Ir. Teguh Yuwono

ABSTRACT:

Addition of continuous Indonesian economic than continuous need for electric power. So it make topology of electric network larger. Use passive radial distribution system can be cause a voltage drop increases and energy losses for all system. In this study will be discussed on the analysis of decrease voltages deviation in IEEE 33 bus test system

Solutions to decrease voltages deviation are the best configuration of the network, where to place the capacitor, and the best combining both of that. The best result both of that is have the largest point of voltage deviation 0,029 p.u.

Keyword : *Voltage Deviation , Distribution System, Capacitor, Reconfiguration, Simultaneous Reconfiguration And Capacitor*

Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor Bank Untuk Meminimalkan Deviasi Tegangan menggunakan Optimal Power Flow Pada Jaringan Distribusi Radial 3 Fasa

Agung Try Laksono
2213105009

Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Ir. Teguh Yuwono

ABSTRAK :

Seiring dengan meningkatnya perekonomian masyarakat Indonesia maka semakin meningkatkan kebutuhan akan tenaga listrik. Sehingga berdampak semakin luasnya topologi jaringan listrik dari pembangkit, system transmisi, hingga sistem distribusi radial. sistem distribusi radial pasif yang banyak digunakan menyebabkan tingginya *drop* tegangan dan energy yang hilang. Pada tugas AKhir akan meneliti tentang *plant* IEEE 33 BUS.

Beberapa cara untuk mengurangi masalah diatas yakni dengan merekonfigurasi topologi jaringan distribusi dan penempatan kapasitor. Dengan cara diatas maka didapatkan deviasi tegangan yang lebih baik dari kondisi awal. Hasil terbaik yakni dengan menggabungkan rekonfigurasi dan kapasitor secara simultan sehingga di dapatkan nilai deviasi terbesarnya berupa *drop* tegangan sebesar 0.029 p.u

Kata Kunci : Deviasi Tegangan, Sistem Distribusi, Kapasitor, Rekonfigurasi, Simultan Rekonfigurasi dan Kapasitor

Reconfiguration And Capacitor Bank Placement for Minimizing Voltage Deviation of Three Phase Radial Distribution Network Using Optimization Power Flow

Agung Try Laksono
2213105009

Supervisor I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Supervisor II : Ir. Teguh Yuwono

ABSTRACT:

Addition of continuous Indonesian economic than continuous need for electric power. So it make topology of electric network larger. Use passive radial distribution system can be cause a voltage drop increases and energy losses for all system. In this study will be discussed on the analysis of decrease voltages deviation in IEEE 33 bus test system

Solutions to decrease voltages deviation are the best configuration of the network, where to place the capacitor, and the best combining both of that. The best result both of that is have the largest point of voltage deviation 0,029 p.u.

Keyword : *Voltage Deviation , Distribution System, Capacitor, Reconfiguration, Simultaneous Reconfiguration And Capacitor*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat, Karunia, dan Petunjuk yang telah dilimpahkan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul **Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor Bank Untuk Meminimalkan Deviasi Tegangan menggunakan Optimal Power Flow Pada Jaringan Distribusi Radial 3 Fasa**. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya.
2. Bapak dan Ibu, serta seluruh keluarga yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan studi.
3. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D dan Ir. Teguh Yuwono sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan perhatiannya dalam tugas akhir.
4. Suyanto, ST., MT. dan Dimas Fajar Uman Putra, ST., MT. yang telah memberikan dukungan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmunya selama kuliah, karyawan, dan keluarga besar Jurusan Teknik Elektro ITS yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa maupun peneliti. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran diharapkan untuk penyempurnaan tugas akhir ini.

Surabaya, Juli 2015

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Tugas Akhir	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevansi dan Manfaat	4
BAB II TEORI PENUNJANG	
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
2.2 Sistem Jaringan Distribusi Radial	5
2.2.1 Sistem Radial Pohon	6
2.2.2 Sistem Radial dengan Pusat Beban	7
2.2.3 Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area	8
2.2.4 Sistem Radial dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah	9
2.3 Deviasi Tegangan	10
2.4 Rekonfigurasi Jaringan	10
2.5 Kapasitor	11
BAB III PERENCANAAN SISTEM	
3.1 Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus	13
3.2 Sistem Secara Umum	17
3.3 Algoritma Genetika	19
3.3.1 <i>Load Flow</i>	23
3.3.2 Fungsi Fitness	24

3.3.3	Bangkitkan Generasi Awal	24
3.3.4	Pengalamatan Nilai Bit Solusi	25
3.3.5	Pembuatan Data Base	25
3.3.6	Sesuaikan Hasil Dekodekan Kromosom.....	26
3.3.7	<i>Load Flow</i> Pertama	26
3.3.8	<i>Cross Over</i>	26
3.3.9	Mutasi.....	27
3.3.10	<i>Load Flow</i> Ulang.....	27
3.3.11	Evaluasi Nilai Individu.....	27
3.3.12	Rekam Nilai Solusi dan Fitness	27
3.3.13	Menggambar Kurva Fitness	27
3.3.14	Cetak Hasil Optimasi	28
3.4	Implementasi Rekonfigurasi Jaringan pada Algoritma Genetika	28
3.5	Implementasi Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada Algoritma Genetika.....	30
3.6	Implementasi Rekonfigurasi Jaringan dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada Algoritma Genetika.....	31
3.7	Batasan-Batasan(<i>Consatrant</i>)	33

BAB IV SIMULASI DAN ANALISA

4.1	Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus (Awal).....	35
4.2	Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan Algoritma Genetika.....	39
4.3	Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor Menggunakan Algoritma Genetika	44
4.3.1	Perbandingan Optimasi Dengan Jumlah Kapasitor yang Berbeda	49
4.4	Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor Menggunakan Algoritma Genetika	52
4.5	Perbandingan Semua Kasus.....	56
4.6	Validasi Hasil Simulasi Dengan Matlab	59
4.6.1	Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus (Awal).....	59
4.6.2	Rekonfigurasi Jaringan	62
4.6.3	Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor.....	64
4.6.4	Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor.....	64

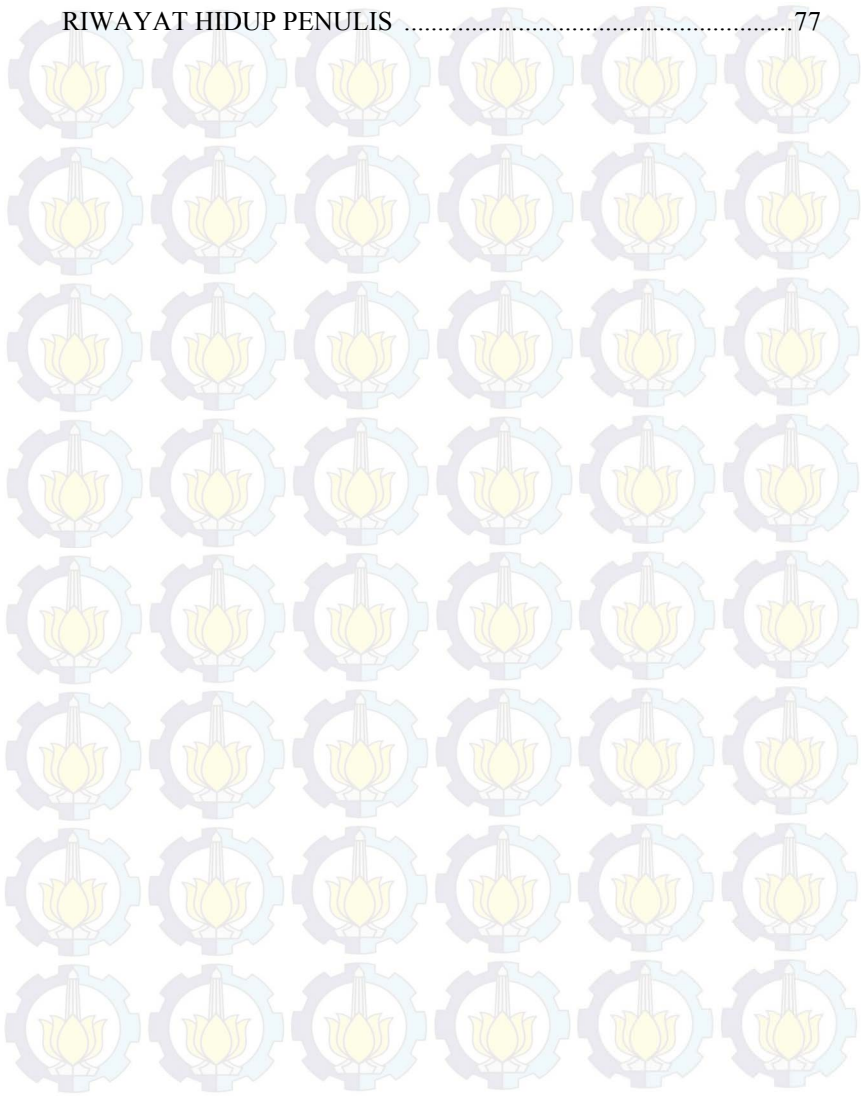
BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran	71

DAFTAR PUSTAKA73

LAMPIRAN.....75

RIWAYAT HIDUP PENULIS77





DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Data Impedansi Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus.....	14
Tabel 3.2	Data Beban Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus	15
Tabel 4.1	Hasil Simulasi Awal IEEE 33 Bus.....	36
Tabel 4.2	<i>Tie Switch / Tie Line</i> Dibuka dan Ditutup	40
Tabel 4.3	Hasil Simulasi Rekonfigurasi Jaringan IEEE 33.....	40
Tabel 4.4	Hasil Kapasitas Kapasitor Terpasang.....	44
Tabel 4.5	Hasil Simulasi Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor..	46
Tabel 4.6	Hasil Simulasi Perbandingan Jumlah Kapasitor yang Berbeda.....	51
Tabel 4.7	Kombinasi <i>Tie Switch</i> dan Nilai Serta Lokasi Kapasitor ..	53
Tabel 4.8	Hasil Simulasi Rekonfigurasi & Penentuan Lokasi Kapasitor pada IEEE 33 Bus.....	54
Tabel 4.9	Perbandingan Hasil Dari Semua Kasus.....	57
Tabel 4.10	Validasi <i>Base Case</i>	59
Tabel 4.11	Validasi Rekonfigurasi.....	62
Tabel 4.12	Validasi Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor.....	64
Tabel 4.13	Validasi Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Jaringan Distribusi Radial	6
Gambar 2.2	Jaringan Distribusi Radial Pohon	7
Gambar 2.3	Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan Pusat Beban	8
Gambar 2.4	Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan <i>Phase Area</i>	9
Gambar 2.5	Sistem jaringan distribusi radial dengan <i>tie</i> dan <i>switch</i> pemisah	10
Gambar 2.6	Contoh Sistem 33 Bus Dengan <i>Loop Numbers</i>	11
Gambar 2.7	Contoh Kapasitor.....	12
Gambar 3.1	Jaringan Distribusi Radial IEEE 33 Bus Beserta <i>Tie Switch</i>	13
Gambar 3.2	Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Rekonfigurasi	17
Gambar 3.3	Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Kapasitor	18
Gambar 3.4	Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Rekonfigurasi, dan Penempatan Kapasitor	19
Gambar 3.5.a	Diagram Alir Algoritma Genetika	21
Gambar 3.5.b	Diagram Alir Algoritma Genetika (sambungan 1)	22
Gambar 3.5.c	Diagram Alir Algoritma Genetika (sambungan 2)	23
Gambar 3.6	Contoh Bit Generasi Awal	24
Gambar 3.7	Pengalamatan Nilai Bit.....	25
Gambar 3.8	Contoh <i>Cross Over</i>	26
Gambar 3.9	Contoh Mutasi.....	27
Gambar 3.10	Topologi Jaringan Dengan Semua <i>Tie Switch</i> Tertutup.....	29
Gambar 3.11	Topologi Jaringan Dengan Pemasangan Kapasitor	30
Gambar 3.12	Topologi Jaringan Dengan Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan Kapasitor.....	32
Gambar 4.1	Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus	35
Gambar 4.2	Grafik Tegangan Kasus Awal	38
Gambar 4.3	Grafik Deviasi Kasus Awal.....	38
Gambar 4.4	Hasil Rekonfigurasi IEEE 33 Bus Dari GA	39
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Tegangan Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi	42
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Deviasi Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi.....	43
Gambar 4.7	Hasil Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada IEEE 33 Bus Mmenggunakan Algoritma Genetiak.....	45

Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Tegangan Setelah Dipasang Kapasitor.....	48
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Deviasi Tegangan Setelah Dipasang Kapasitor.....	48
Gambar 4.10	Grafik Perbandingan Tegangan Dengan Jumlah Kapasitor Berbeda-beda	50
Gambar 4.12	Lokasi & Ukuran Kapasitor beserta <i>Tie Switch</i> yang Dibuka dan Di Tutup	52
Gambar 4.13	Perbandingan Tegangan Setelah Rekonfigurasi dan Pemasangan Kapasitor dengan Kondisi Awal.....	56
Gambar 4.14	Perbandingan Deviasi Tegangan Setelah Rekonfigurasi dan Pemasangan Kapasitor dengan Kondisi Awal.....	56
Gambar 4.15	Perbandingan Tegangan Semua Kasus	58
Gambar 4.16	Perbandingan Deviasi Tegangan Semua Kasus	58
Gambar 4.17	Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Awal.....	58
Gambar 4.18	Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Awal.....	61
Gambar 4.19	Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi.....	63
Gambar 4.20	Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi.....	64
Gambar 4.21	Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Kapasitor	66
Gambar 4.22	Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Kapasitor.....	66
Gambar 4.23	Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor.....	69
Gambar 4.24	Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor.....	69

BIOGRAFI PENULIS



Saya terlahir dengan nama Agung Try Laksono , di kota Tebing Tinggi, 29 Maret 1993. Merupakan anak Ke-Tiga dari Tiga bersaudara. Riwayat pendidikan saya dimulai dari TK Kartni Tebing Tinggi, kemudian SDN 030288 Sidikalang, SMP Negeri 22 Medan, SMKN 2 Medan, D3 Elektro Universitas Gadjah Mada dan sekarang sedang menempuh semester 5 di jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya. Memiliki kegemaran olahraga futsal, badminton, nonton film, serta baca berita. Email agung.try13@mhs.ee.its.ac.id alaksono36@gmail.com





BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya perekonomian masyarakat Indonesia maka semakin meningkatkan kebutuhan akan tenaga listrik. Sehingga berdampak semakin luasnya topologi jaringan listrik dari pembangkit, system transmisi, hingga sistem distribusi radial. sistem distribusi radial pasif yang banyak digunakan menyebabkan tingginya drop tegangan dan energy yang hilang. Permasalahan ini tentunya sangat merugikan konsumen maupun produsen listrik. Kerugian yang dialami konsumen berupa buruknya kualitas tegangan yang memiliki drop tegangan yang melebihi standar. Sedangkan di pihak produsen dengan besarnya drop tegangan menyebabkan besarnya daya yang terbuang dan tidak terjual menyebabkan menurunnya pendapatan perusahaan.

Salah satu cara untuk mengurangi masalah diatas yakni dengan merekonfigurasi topologi jaringan distribusi dan penempatan kapasitor. Dengan cara diatas diharapkan *drop* tegangan di akhir jaringan distribusi tidak melebihi standar yang ditetapkan. Yakni sesuai dengan referensi [1]. Namun pada Tugas Akhir ini tidak membahas mengenai besarnya rugi-rugi yang terjadi di jaringan distribusi namun membahas mengenai mengurangi deviasi tegangan pada jaringan sistem distribusi.

Hingga saat ini sudah banyak dilakukan penelitian untuk mengurangi deviasi tegangan, seperti pemasangan kapasitor, rekonfigurasi jaringan dengan menggunakan metode yang berbeda-beda. Namun masih sedikit yang menggabungkan rekonfigurasi jaringan dan penempatan kapasitor untuk menyelesaikan masalah diatas.

Dalam tugas akhir ini akan menggabungkan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor kemudian dioptimalkan menggunakan Algoritma Genetika sehingga diharapkan didapatkan deviasi tegangan yang sesuai dengan referensi [1].

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Cara rekonfigurasi dan penempatan kapasitor pada jaringan distribusi tenaga listrik
2. Mengoptimalkan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor pada jaringan distribusi tenaga listrik
3. Mengurangi deviasi tegangan hingga didapatkan nilai sesuai referensi [1]

1.3 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada penulisan tugas akhir ini adalah mempelajari merekonfigurasi jaringan dan menempatkan kapasitor sehingga didapatkan konfigurasi jaringan dan lokasi serta ukuran kapasitor yang menghasilkan deviasi tegangan yang paling optimal.

1.4 Batasan Masalah

Karena ruang lingkup permasalahan yang sangat luas, maka dalam penulisan tugas akhir ini, permasalahan akan dibatasi pada :

1. *Software* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah Matlab R2010a
2. Dalam tugas akhir ini tidak membahas tentang metode aliran daya.
3. Penentuan lokasi dan ukuran kapasitor menggunakan Algoritma Genetika.
4. Plan yang digunakan adalah sistem jaringan distribusi IEEE 33 Bus 3 Fasa Seimbang 12.66 kV.
5. Parameter yang digunakan hanya *magnitude* tegangan.
6. Sistem Tiga Fasa yang digunakan yakni system tiga Fasa seimbang.

1.5 Metodologi

Metode yang digunakan pada penyelesaian kasus dalam tugas akhir ini diawali dengan penggunaan data distribusi pada plant IEEE 33 BUS. Data tersebut digunakan sebagai input program *power flow*. *Load flow* ini akan menampilkan deviasi tegangan awal dari kondisi asli jaringan. Untuk mengurangi deviasi awal tersebut maka kemudian diterapkan kedalam Algoritma Genetika untuk mendapatkan rekonfigurasi, lokasi dan ukuran kapasitor yang optimal sehingga didapat deviasi tegangan paling optimal.

Dalam tugas akhir ini dibuat dalam beberapa kasus yakni:

1. Kasus Awal (*Base Case*)

Kasus ini bertujuan untuk mengetahui kondisi awal jaringan yang akan di teliti. Dalam keadaan bermasalah dari sesi tegangan atau tidak. Jika dalam keadaan bermasalah maka akan dilakukan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor.

2. Kasus rekonfigurasi

Dari Kasus Awal didapat kondisi jaringan yang bermasalah maka dilakukan suatu cara untuk memperbaiki masalah tersebut dengan melakukan rekonfigurasi jaringan. Dengan melakukan rekonfigurasi jaringan maka akan didapat topologi, tegangan dan deviasi tegangan yang lebih baik.

3. Kasus Kapasitor

Berawal dari kasus awal dengan kondisi jaringan yang bermasalah maka akan pada kasus ini dilakukan pemasangan kapasitor untuk memperbaiki masalah tersebut yang mana diharapkan didapat tegangan, deviasi tegangan yang lebih baik.

4. Kasus kapasitor dan rekonfigurasi

Kasus ini menggabungkan pemasangan kapasitor dan rekonfigurasi secara bersamaan sehingga didapat nilai deviasi tegangan yang baru.

Dari ketiga kasus diatas akan diketahui perbedaan antara setiap kasus dengan hasil yang berbeda sehingga didapat nilai deviasi tegangan yang terbaik. Sehingga menjadi pilihan untuk penerapan dilapangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan tugas akhir ini terdiri atas lima bab yang dilengkapi dengan kata pengantar, daftar isi, dan lampiran-lampiran pendukung. Sistematika yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. BAB 1 : Pendahuluan

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah dalam pembuatan Tugas Akhir, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, sistematika pembahasan, serta relevansi dan manfaat penulisan tugas akhir.

2. BAB 2 : Dasar Teori

Bab ini secara garis besar membahas tentang teori sistem distribusi dan metode Algoritma Genetika yang digunakan sebagai dasar dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

3. BAB 3. Bab ini membahas tentang : Penerapan Rekonfigurasi Jaringan serta penentuan lokasi dan ukuran kapasitor dengan menggunakan Algoritma Genetika.

4. BAB 4 : Simulasi dan Analisis

Bab ini membahas tentang hasil dari rekonfigurasi jaringan dan penempatan dan ukuran kapasitor.

5. BAB 5 : Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisis penyelesaian rekonfigurasi serta penentuan lokasi kapasitor yang telah diperoleh melalui simulasi.

1.7 Relevansi dan Manfaat

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Sebagai acuan dalam suatu sistem perencanaan pada suatu sistem distribusi yang akan dilakukan rekonfigurasi dan pemasangan kapasitor.
2. Mengetahui perbedaan dari setiap kasus sehingga menjadi pertimbangan dalam sistem perencanaan.
3. Mengetahui penerapan Algoritma untuk pencarian solusi optimal dalam menggunakan rekonfigurasi maupun pemasangan kapasitor.
4. Didapatkan konfigurasi jaringan terbaik dari hasil rekonfigurasi yang menghasilkan devisasi tegangan terkecil
5. Didapatkan lokasi dan ukuran kapasitor terbaik yang menghasilkan devisasi tegangan terkecil.
6. Didapatkan rekonfigurasi serta lokasi dan ukuran kapasitor terbaik yang menghasilkan devisasi tegangan terkecil
7. Menjadi referensi bagi mahasiswa lain yang hendak mengambil masalah yang serupa untuk tugas akhir berikutnya.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan Sistem yang menghubungkan antara sistem pembangkitan dan sistem transmisi dengan pusat beban. Atau dengan kata lain sistem distribusi berawal dari Gardu Induk hingga ke beban. Dalam menyalurkan daya listrik sistem distribusi menggunakan jaringan radial atau yang disebut dengan penyulang distribusi. Banyaknya jenis pelanggan berdasarkan besar daya dan tegangan yang digunakan maka sistem distribusi di bagi kedalam beberapa jenis yakni

1. Sistem distribusi primer
2. Sistem distribusi sekunder

Sistem distribusi primer yakni sistem yang menghubungkan dari pusat Gardu Induk ke pusat beban (Gardu Distribusi). Tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah tegangan 6 KV sampai 20 KV, atau yang disebut dengan Jaringan Tegangan Menengah (JTM)

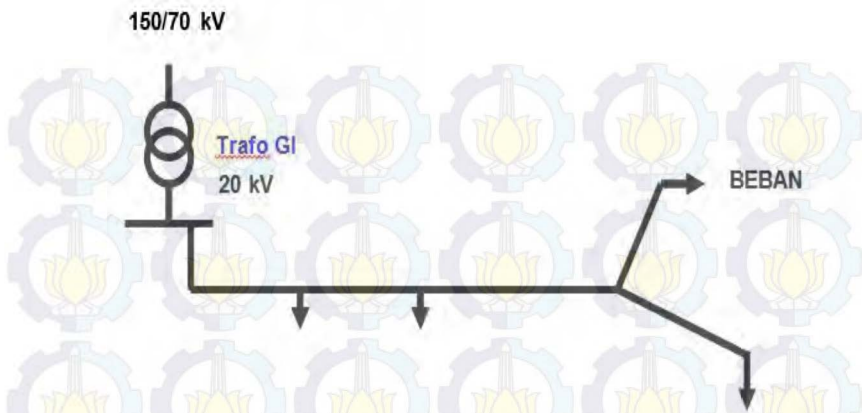
Sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik secara langsung dari Gardu Induk ke masing – masing konsumen, yakni mensuplai tenaga listrik pada daerah perumahan biasa (kecil), pada daerah industri ringan di kota – kota maupun pedesaan, untuk penerangan jalan, dan sebagainya. Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi sekunder adalah tegangan rendah 127/220 Volt atau 220/380 Volt, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan rendah.

Ada beberapa bentuk sistem jaringan yang umum dipergunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial.
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (*loop*).
3. Sistem jaringan distribusi *mesh*.
4. Sistem jaringan distribusi *spindle*.

2.2 Sistem Jaringan Distribusi Radial

Sistem ini merupakan sistem yang banyak digunakan pada jaringan distribusi di Indonesia. Dikatakan radial karena akhir dari satu saluran tidak ada yang bertemu dengan akhir saluran lain, membentuk pola akar tumbuhan. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*Trunk Line*) dan saluran cabang (*Lateral*) seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem Jaringan Distribusi Radial

Kelebihan dari saluran ini yakni mampu melayani bentuk percabangan dari titik beban. Maka semua beban mendapat suplai daya listrik. Selanjutnya yakni biaya pembangunannya relatif murah, pemeliharannya sederhana dan mudah untuk menentukan letak gangguan yang terjadi pada sistem.

Kelemahan yang dimiliki oleh sistem ini yakni *drop* tegangannya cukup besar dikarenakan jauhnya jarak dari gardu distribusi hingga ke akhir beban sehingga menyebabkan losses yang cukup besar.

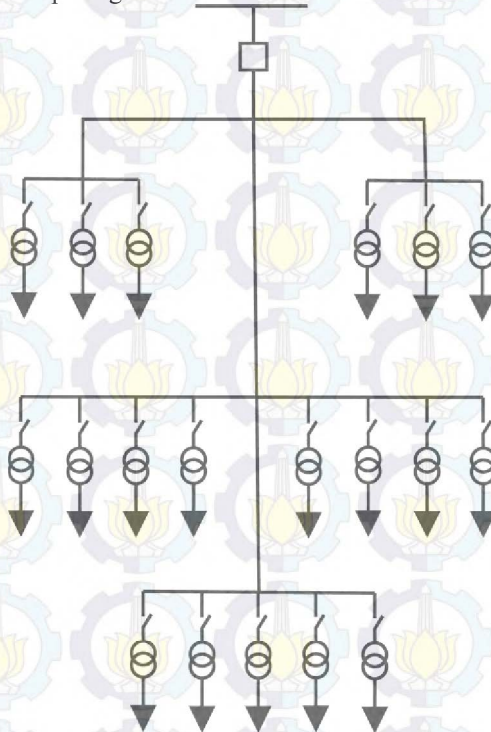
Sistem radial ini kurang tepat dipergunakan untuk menyalurkan beban seperti rumah sakit, instalasi militer atau beban lainnya yang memerlukan tingkat keandalan yang cukup tinggi.

Sistem distribusi radial ini mempunyai beberapa bentuk modifikasi, antara lain :

1. Sistem Radial Pohon.
2. Sistem Radial dengan Pusat Beban.
3. Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area.
4. Sistem Radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah.

2.2.1 Sistem Radial Pohon

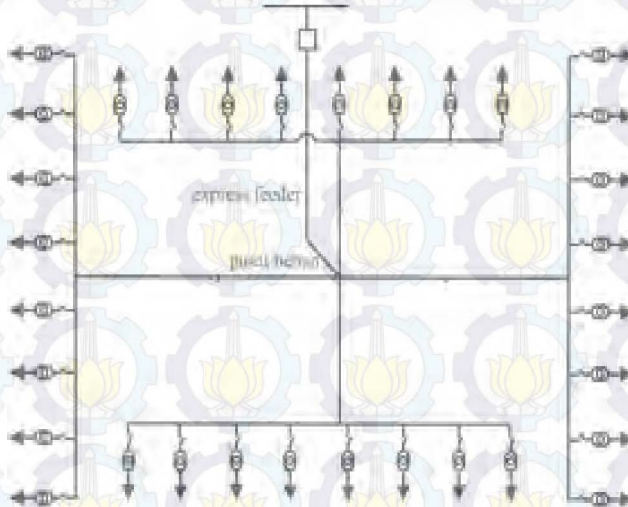
Sistem jaringan radial memiliki saluran utama (*main feeder*) yang disambung dari suatu Gardu Induk sesuai kemudian dicabangkan melalui saluran cabang (*lateral feeder*), selanjutnya dicabangkan lagi melalui saluran anak cabang (*sub lateral feeder*). Ukuran dari setiap feeder berbeda-beda. Tergantung dari kerapatan arus yang ditanggung. *Main feeder* merupakan saluran yang dialiri arus terbesar maka memiliki diameter yang lebih besar, selanjutnya arus ini mengecil pada tiap cabang tergantung dari besar beban. Bentuk sistem jaringan distribusi radial pohon dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Radial Pohon

2.2.2 Sistem Radial dengan Pusat Beban

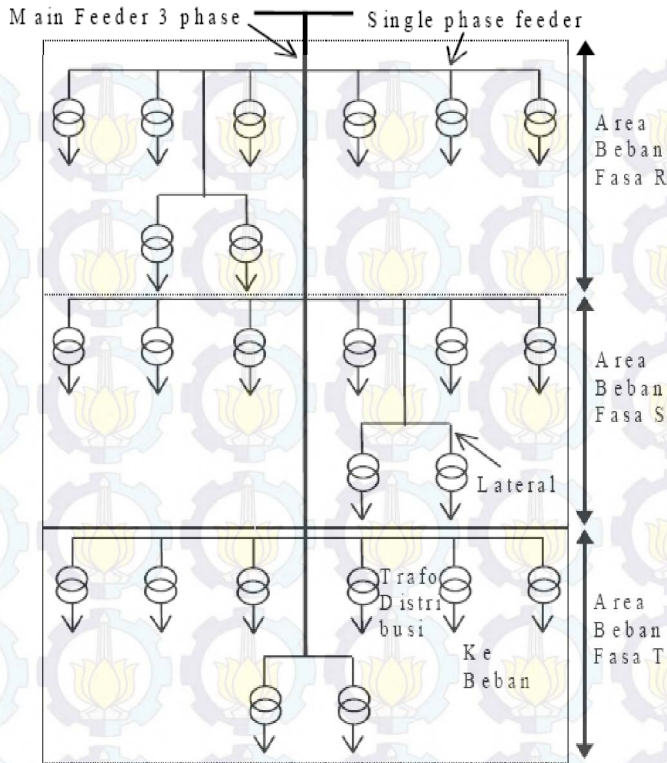
Bentuk dari sistem ini mensupply daya dengan menggunakan main feeder yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini disebar dengan menggunakan *backfeeder* secara radial seperti terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan Pusat Beban

2.2.3 Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area

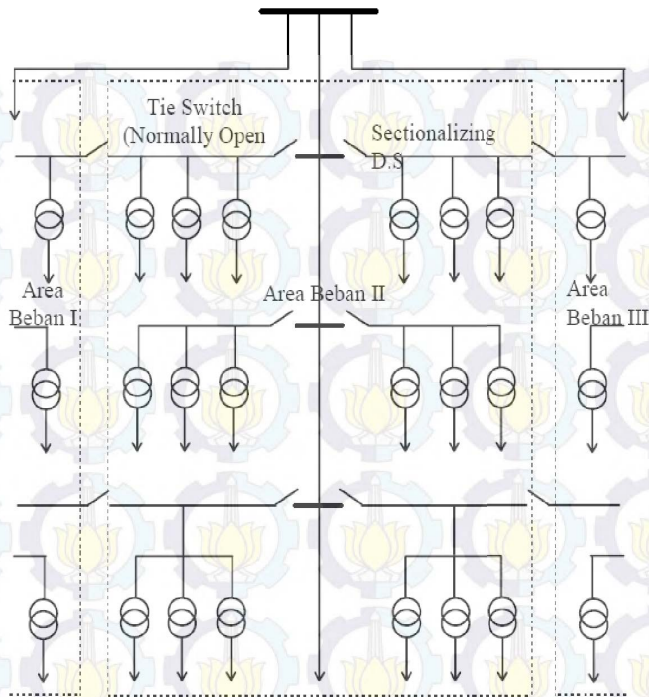
Sistem ini setiap fasa memiliki pembagian beban setiap fasa. Yang mana beban setiap fasa berbeda-beda. Ini menyebabkan sistem tiga fasa yang tidak seimbang. Sistem ini tidak sesuai untuk beban yang masih berkembang. Lebih direkomendasikan pada sistem dengan beban yang seimbang dan fix, sehingga pembagian beban jika ada penambahan lebih mudah. Contoh dari sistem jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan *Phase Area*

2.2.4 Sistem Radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah

Sistem ini memiliki tujuan untuk meningkatkan kehandalan sistem, karena mudah dalam pengontrolan jika terjadi gangguan karena dapat melokalisasi gangguan karena adanya *tie* dan *switch* pemisah. Jika gangguan terjadi pada suatu feeder yang mangalamai masalah maka akan dialihkan ke feeder yang normal. Sistem radial dengan *tie* dan *switch* pemisah dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Sistem jaringan distribusi radial dengan *tie* dan *switch* pemisah

2.3 Index Deviasi Tegangan

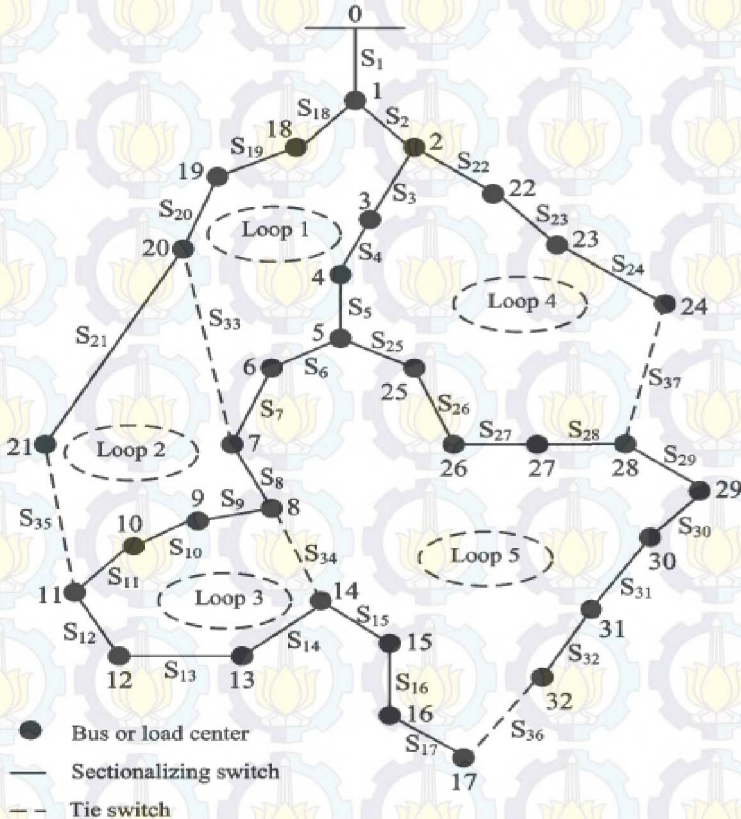
Mengacu pada referensi [2] index deviasi tegangan adalah kondisi tegangan dari salah satu atau lebih bus dalam satu *feeder* tidak sama dengan tegangan pada bus pertama. Baik itu kondisi melebihi tegangan bus pertama atau kurang dari tegangan pada bus pertama. Atau secara rumusan sebagai berikut:

$$\Delta \text{Deviasi Tegangan} = \max \frac{V_1 - V_k}{V_1} \quad \forall k = 1, 2, \dots, n \quad \dots \dots (2.1)$$

Dimana k= nomor bus

2.4 Rekonfigurasi Jaringan

Mengacu pada referensi [3] rekonfigurasi jaringan listrik (*feeder*) adalah suatu proses merubah topologi jaringan distribusi dengan mengubah status dari *switch* yang digunakan.



Gambar 2.6 Contoh Sistem 33 Bus Dengan Loop Numbers

Ada dua jenis *switch* berdasarkan kondisi buka dan tutup *switch* tersebut yakni *normally open* (N.O.) dan *normally closed* (N.C.) Switch N.O. dipertimbangkan sebagai *switch* pada jaringan yang digunakan. Selama proses rekonfigurasi, status dari setiap *switch* akan berubah-ubah dan menjadi optimal berdasarkan kondisi fungsi objektif yang digunakan.

Terbuka dan tertutupnya suatu *switch* mengacu pada deviasi yang dihasilkan. Seperti pada gambar 2.6 jika *switch* S2, S3, S4, S5, S6, S7, S33, S20, S29 dan S18 pada *loop* 1 diganti menjadi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 maka kemungkinan 10 kemungkinan *switch* yang akan terpilih sebagai solusi. Begitu juga untuk *loop* 2, *loop* 3, *loop* 4, *loop* 5

2.5 Kapasitor

Mengacu pada referensi [3], kapasitor banyak digunakan sebagai kompensasi daya reaktif pada jaringan distribusi. Kapasitor juga digunakan untuk menaikkan profil tegangan setiap bus. Keuntungan yang didapat dari kapasitor untuk mengkompensasi daya reaktif bergantung dari bagaimana dan dimana memasang kapasitor pada jaringan. Umumnya pemakaian bank kapasitor memberikan keuntungan antara lain:

- Meningkatkan kemampuan penyaluran daya gardu-gardu distribusi.
- Mengurangi rugi-rugi pada sistem distribusi.
- Menjaga kualitas tegangan pada sistem distribusi.
- Meningkatkan kemampuan feeder dan peralatan yang ada pada sistem distribusi.

Hal-hal yang dipertimbangkan dari kapasitor adalah:

- Koefisien suhu dari komponen kapasitor.
- Daya reaktif per unit volume
- Rugi-rugi daya.
- Reliability.
- Harga



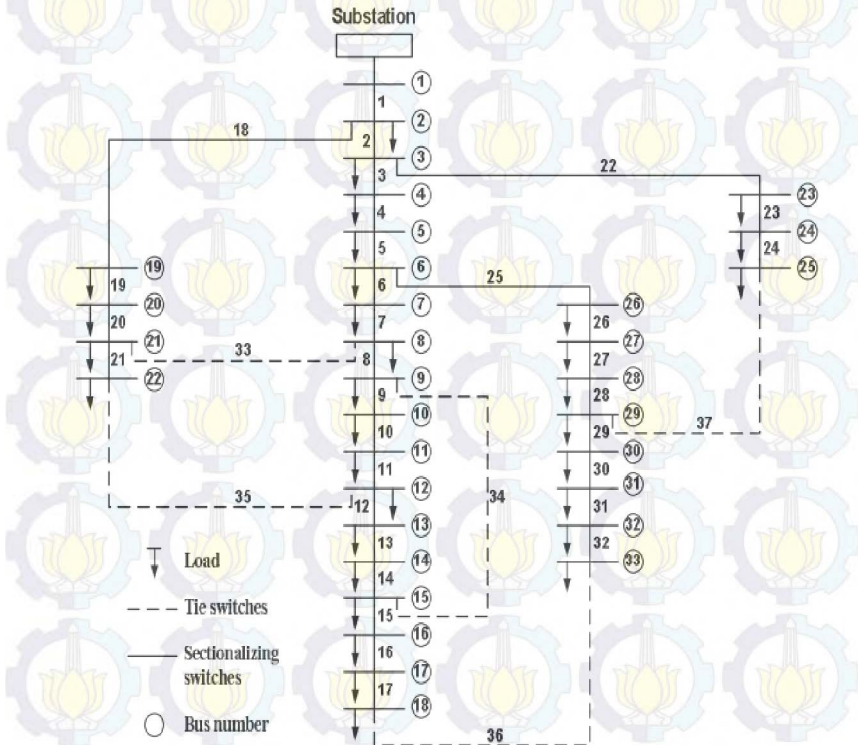
Gambar 2.7 Contoh Kapasitor

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan pengerjaan tugas akhir ini diawali dari sistem yang digunakan yakni IEEE 33 Bus, alur pembuatan system, alur Algoritma Genetika, serta perancangan dari rekonfigurasi serta penentuan lokasi kapasitor menggunakan Algoritma Genetika.

3.1 Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus

Berikut ini adalah data dari *single line diagram* atau *plant* yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yang mengacu pada referensi [4]. Data yang digunakan ini adalah data sistem tiga fasa seimbang. *Plant* IEEE dengan 33 bus, 32 cabang, dan 5 *tie switch*. Data tersebut terdiri dari gambar konfigurasi jaringan, impedansi saluran, serta data beban.



Gambar 3.1 Jaringan Distribusi Radial IEEE 33 Bus Beserta *Tie Switch*

Tabel 3.1 Data Impedansi Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus

Cabang			Fasa R		Fasa S		Fasa T	
			Impedansi (ohm)		Impedansi (ohm)		Impedansi (ohm)	
Impedansi	Dari Bus	Ke Bus	R	X	R	X	R	X
Z1	1	2	0.0922	0.047	0.0922	0.047	0.0922	0.047
Z2	2	3	0.493	0.2512	0.493	0.2512	0.493	0.2512
Z3	3	4	0.366	0.1864	0.366	0.1864	0.366	0.1864
Z4	4	5	0.3811	0.1941	0.3811	0.1941	0.3811	0.1941
Z5	5	6	0.819	0.707	0.819	0.707	0.819	0.707
Z6	6	7	0.1872	0.6188	0.1872	0.6188	0.1872	0.6188
Z7	7	8	0.7115	0.2351	0.7115	0.2351	0.7115	0.2351
Z8	8	9	1.0299	0.74	1.0299	0.74	1.0299	0.74
Z9	9	10	1.044	0.74	1.044	0.74	1.044	0.74
Z10	10	11	0.1967	0.0651	0.1967	0.0651	0.1967	0.0651
Z11	11	12	0.3744	0.1298	0.3744	0.1298	0.3744	0.1298
Z12	12	13	1.468	1.1549	1.468	1.1549	1.468	1.1549
Z13	13	14	0.5416	0.7129	0.5416	0.7129	0.5416	0.7129
Z14	14	15	0.5909	0.526	0.5909	0.526	0.5909	0.526
Z15	15	16	0.7462	0.5449	0.7462	0.5449	0.7462	0.5449
Z16	16	17	1.2889	1.721	1.2889	1.721	1.2889	1.721
Z17	17	18	0.7329	0.5739	0.7329	0.5739	0.7329	0.5739
Z18	2	19	0.164	0.1565	0.164	0.1565	0.164	0.1565
Z19	19	20	1.5042	1.335	1.5042	1.335	1.5042	1.335
Z20	20	21	0.4095	0.4784	0.4095	0.4784	0.4095	0.4784
Z21	21	22	0.7089	0.9373	0.7089	0.9373	0.7089	0.9373
Z22	3	23	0.4512	0.3084	0.4512	0.3084	0.4512	0.3084
Z23	23	24	0.8959	0.7901	0.8959	0.7901	0.8959	0.7901
Z24	24	25	0.898	0.7071	0.898	0.7071	0.898	0.7071
Z25	6	26	0.203	0.1034	0.203	0.1034	0.203	0.1034
Z26	26	27	0.2842	0.1447	0.2842	0.1447	0.2842	0.1447
Z27	27	28	1.0589	0.9338	1.0589	0.9338	1.0589	0.9338

Cabang			Fasa R		Fasa S		Fasa T	
			Impedansi (ohm)		Impedansi (ohm)		Impedansi (ohm)	
Impedansi	Dari Bus	Ke Bus	R	X	R	X	R	X
Z28	28	29	0.8042	0.7006	0.8042	0.7006	0.8042	0.7006
Z29	29	30	0.5075	0.2585	0.5075	0.2585	0.5075	0.2585
Z30	30	31	0.9744	0.963	0.9744	0.963	0.9744	0.963
Z31	31	32	0.3105	0.3619	0.3105	0.3619	0.3105	0.3619
Z32	32	33	0.3411	0.5302	0.3411	0.5302	0.3411	0.5302
Z33	25	29	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
Z34	8	21	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Z35	12	22	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Z36	9	15	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
Z37	18	33	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000

Tabel 3.2 Data Beban Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus

No bus	Fasa R		Fasa S		Fasa T	
	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
Bus1	0	0	0	0	0	0
Bus2	100.0	60.0	100.0	60.0	100.0	60.0
Bus3	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus4	120.0	80.0	120.0	80.0	120.0	80.0
Bus5	60.0	30.0	60.0	30.0	60.0	30.0
Bus6	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus7	200.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0
Bus8	200.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0
Bus9	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus10	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus11	45.0	30.0	45.0	30.0	45.0	30.0
Bus12	60.0	35.0	60.0	35.0	60.0	35.0
Bus13	60.0	35.0	60.0	35.0	60.0	35.0

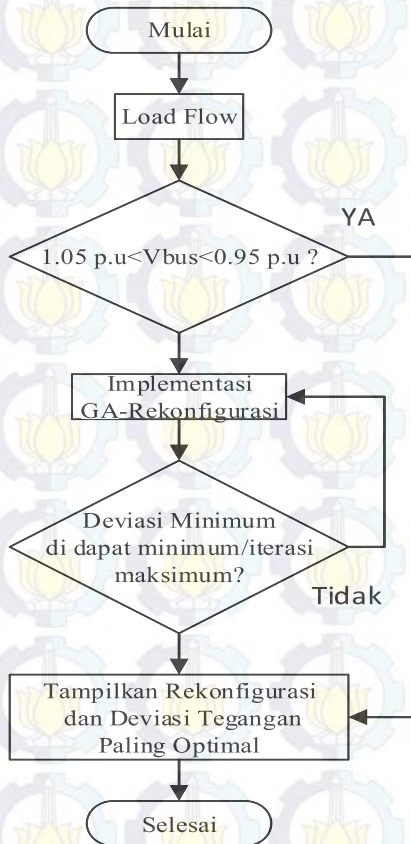
No bus	Fasa R		Fasa S		Fasa T	
	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
Bus14	120.0	80.0	120.0	80.0	120.0	80.0
Bus15	60.0	10.0	60.0	10.0	60.0	10.0
Bus16	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus17	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus18	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus19	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus20	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus21	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus22	90.0	40.0	90.0	40.0	90.0	40.0
Bus23	90.0	50.0	90.0	50.0	90.0	50.0
Bus24	420.0	200.0	420.0	200.0	420.0	200.0
Bus25	420.0	200.0	420.0	200.0	420.0	200.0
Bus26	60.0	25.0	60.0	25.0	60.0	25.0
Bus27	60.0	25.0	60.0	25.0	60.0	25.0
Bus28	60.0	20.0	60.0	20.0	60.0	20.0
Bus29	120.0	70.0	120.0	70.0	120.0	70.0
Bus30	200.0	600.0	200.0	600.0	200.0	600.0
Bus31	150.0	70.0	150.0	70.0	150.0	70.0
Bus32	210.0	100.0	210.0	100.0	210.0	100.0
Bus33	60.0	40.0	60.0	40.0	60.0	40.0

3.2 Sistem Secara Umum

Pada bagian menjelaskan tiga alur pengerjaan dari tiga kasus yang dilakukan pada tugas akhir ini bermaksud untuk menunjukkan perbedaan dari tiga kasus yang dikerjakan yakni:

- Kasus rekonfigurasi hanya menggunakan rekonfigurasi sebagai solusi pada Algoritma Genetika untuk memperbaiki deviasi tegangan pada *plant* yang digunakan. Diawali dengan *load flow* untuk mengetahui kondisi awal dari jaringan yang akan dilakukan rekonfigurasi jaringan dalam keadaan bermasalah atau tidak dengan melihat profil tegangan setiap bus memenuhi persyaratan yang ditetapkan atau tidak. Adapun persyaratan

tegangan yang digunakan akan dijelaskan pada subab selanjutnya. Adapun keluaran yang diharapkan yakni data Rekonfigurasi yang paling optimal, deviasi tegangan yang paling optimal.



Gambar 3.2 Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Rekonfigurasi,

- b. Kasus kapasitor yakni hanya menggunakan kapasitor sebagai solusi untuk memperbaiki deviasi tegangan pada *plant* yang digunakan. Diawali dengan *load flow* untuk mengetahui kondisi awal dari jaringan yang akan dilakukan rekonfigurasi jaringan dalam keadaan bermasalah atau tidak dengan melihat profil tegangan setiap bus memenuhi persyaratan yang

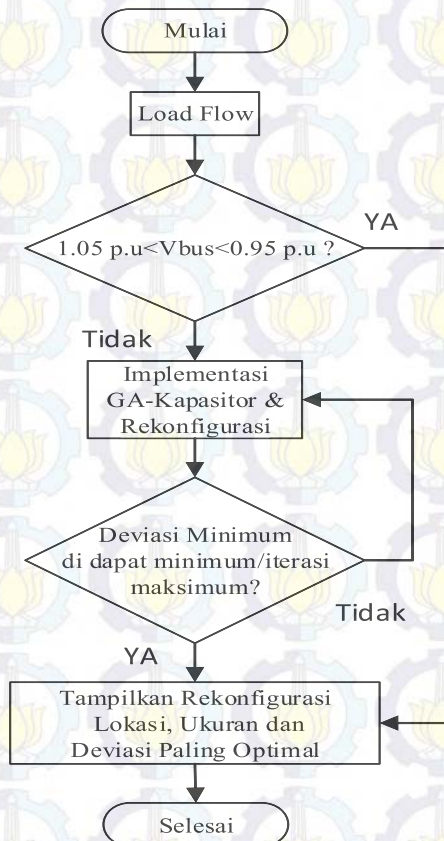
ditetapkan atau tidak. Untuk kasus kapasitor persyaratan lainnya yakni mengenai kapasitas total maksimum dari semua kapasitor yang terpakai. Adapun persyaratan tegangan yang digunakan dan total kapasitas kapasitor akan dijelaskan pada subab selanjutnya. Adapun keluaran yang diharapkan yakni data lokasi, ukuran kapasitor, serta deviasi tegangan yang paling optimal.



Gambar 3.3 Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Kapasitor

- c. Kasus Rekonfigurasi dan Kapasitor yakni menggunakan rekonfigurasi dan kapasitor sebagai solusi untuk memperbaiki deviasi tegangan pada *plant* yang digunakan. Diawali dengan *load flow* untuk mengetahui kondisi awal dari jaringan yang akan dilakukan rekonfigurasi jaringan dalam keadaan

bermasalah atau tidak dengan melihat profil tegangan setiap bus memenuhi persyaratan yang ditetapkan atau tidak. Untuk kasus kapasitor persyaratan lainnya yakni mengenai kapasitas total maksimum dari semua kapasitor yang terpakai. Adapun persyaratan tegangan yang digunakan dan total kapasitas kapasitor akan dijelaskan pada subab selanjutnya. Adapun keluaran yang diharapkan yakni data rekonfigurasi, lokasi ukuran serta deviasi tegangan yang paling optimal.



Gambar 3.4 Diagram Alir Tugas Akhir Kasus Rekonfigurasi, dan Penempatan Kapasitor

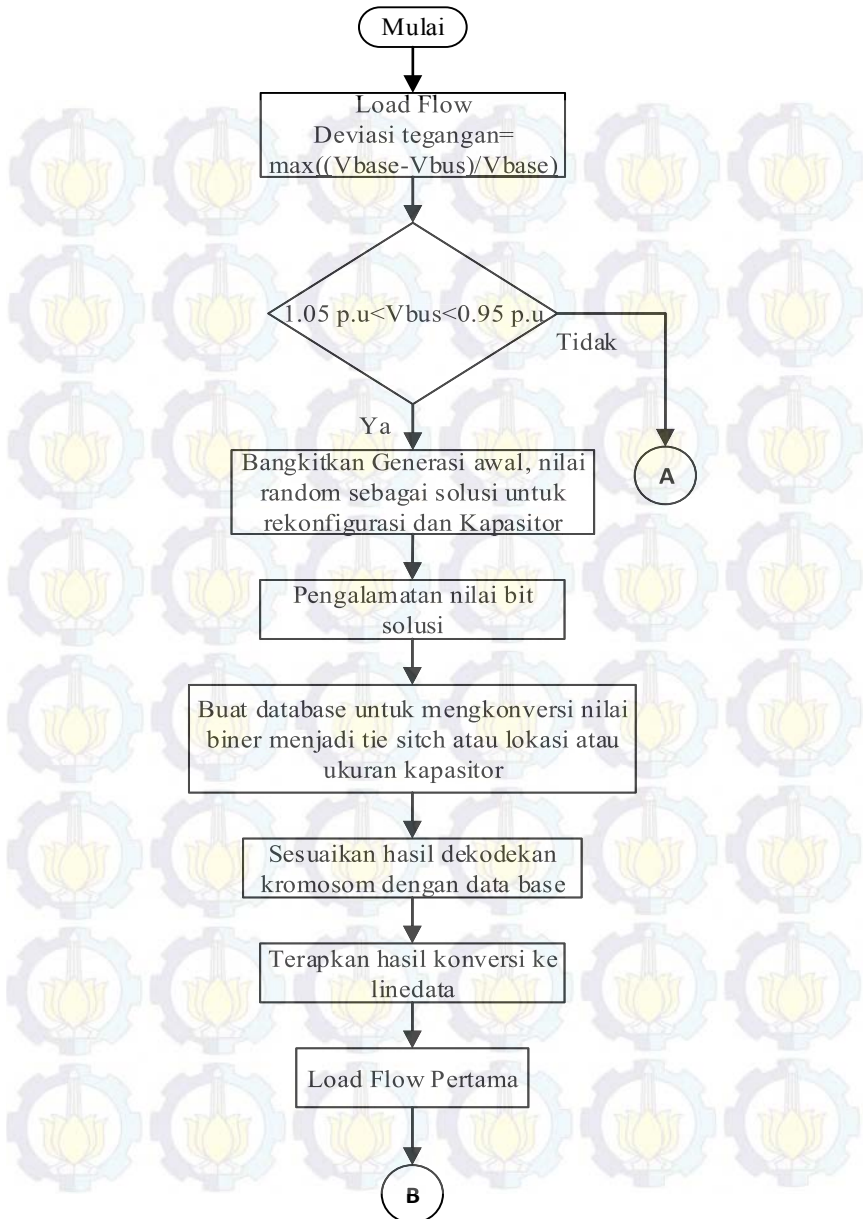
3.3 Algoritma Genetika

Mengacu pada referensi [4] bahwa Algoritma Genetika adalah suatu metode pencarian solusi terbaik dari suatu masalah. Metode ini mengadopsi mekanisme dari genetika makhluk hidup, yaitu untuk menemukan susunan-susunan gen-gen terbaik dalam tubuh makhluk hidup.

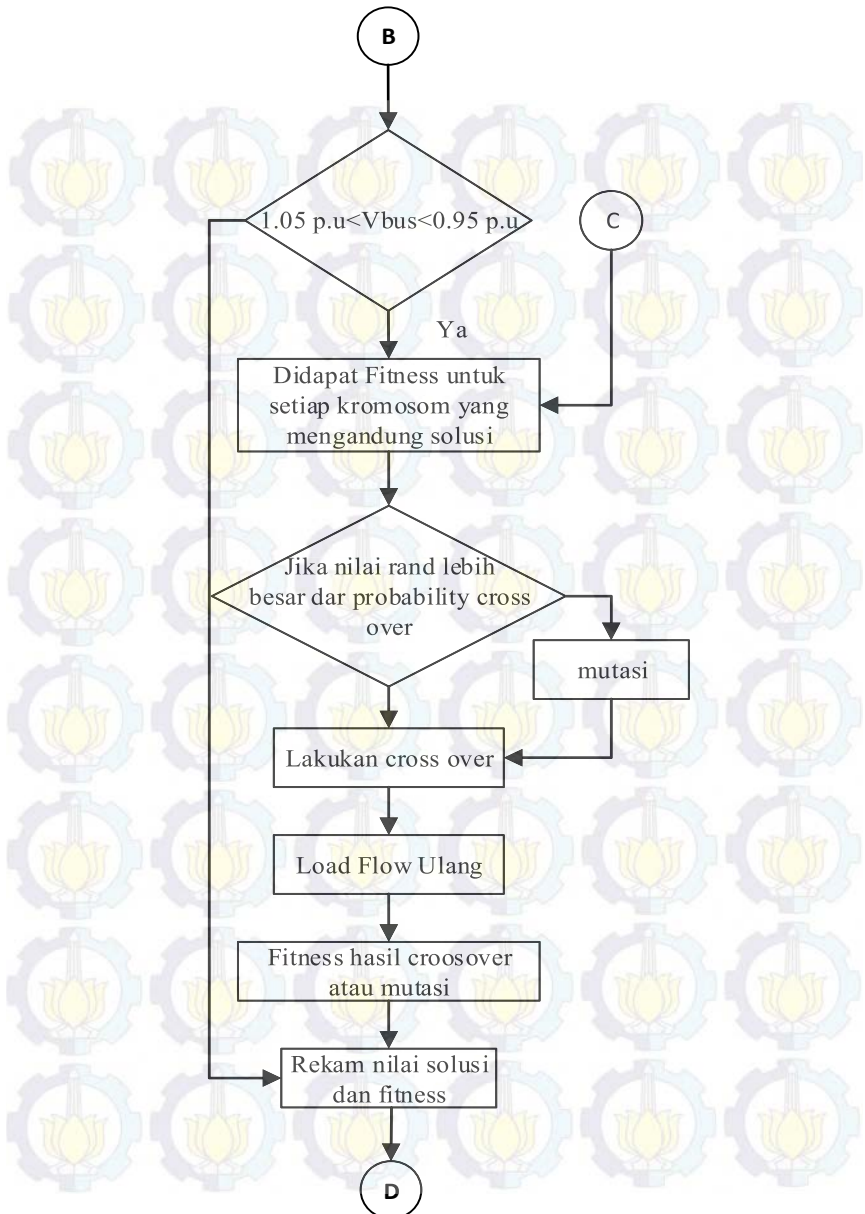
Metode ini banyak digunakan untuk mencari solusi terbaik dari suatu permasalahan yang mempunyai banyak solusi. Maka dari itu, solusi-solusi tersebut diwakili oleh suatu individu atau satu kromosom. Untuk mendapatkan solusi terbaik kromosom ini akan melewati proses persilangan dan mutasi sehingga muncul individu baru pada populasi sebagai populasi generasi.

Persilangan dan mutasi akan dilakukan lagi sehingga populasi yang baru mempunyai nilai dan di jadikan pembandingnya. Proses ini akan diulangi sebanyak generasi yang telah ditentukan hingga diperoleh suatu solusi terbaik dengan nilai yang optimal.

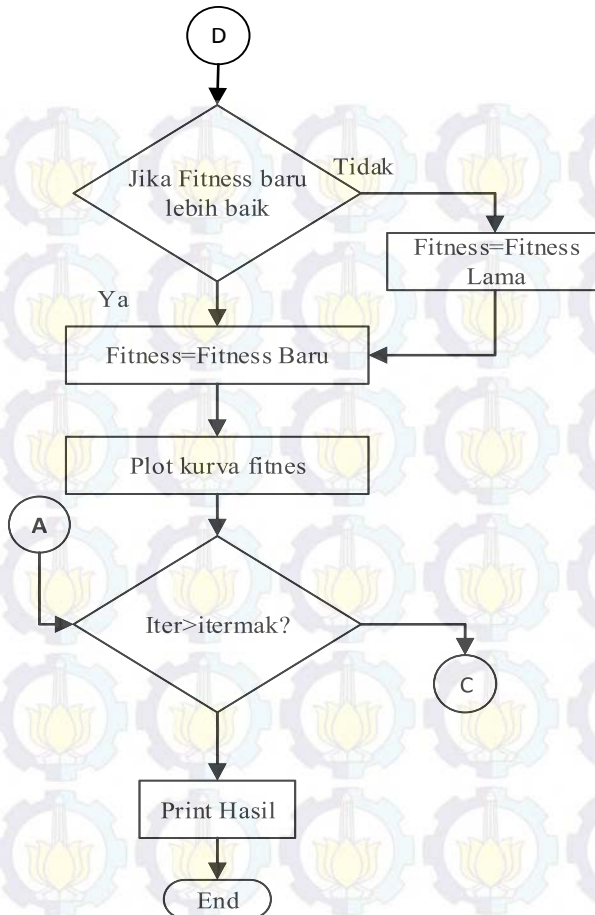
Pada tugas akhir ini Algoritma Genetika digunakan untuk mencari baik itu kombinasi konfigurasi jaringan terbaik, lokasi dan ukuran kapasitor terbaik, serta rekonfigurasi dan lokasi dan ukuran kapasitor terbaik. Dengan kombinasi dari solusi tersebut diharapkan didapat nilai deviasi tegangan terkecil dari suatu sistem yang diuji. Pada tugas akhir ini Algoritma Genetika menjadi satu bagian dengan *software* aliran daya. Dimana *software* aliran daya digunakan untuk mengetahui nilai fitness dari setiap solusi yang didapatkan oleh Algoritma Genetika. Untuk detail dari Algoritma genetika yang didesain pada tugas akhir ini yakni sebagai berikut.



Gambar 3.5.a Diagram Alir Algoritma Genetika



Gambar 3.2.b Diagram Alir Algoritma Genetika (sambungannya 1)



Gambar 3.2.c Diagram Alir Algoritma Genetika (sambungan 2)

3.3.1 Load Flow

Pada tugas akhir ini tidak membahas mengenai metode dari *software loadflow*. *Software loadflow* yang digunakan pada tugas akhir ini mengacu pada referensi [5]. Penggunaan *software loadflow* diawal *flowchart* untuk mengetahui kondisi deviasi tegangan dari jaringan yang akan di lakukan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor. Setelah diketahui bahwa ada tegangan yang tidak memenuhi batasan yang ditetapkan maka kemudian dilakukan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor.

3.3.2 Fungsi *Fitness*

Fungsi *fitness* merupakan suatu parameter untuk mengukur tingkat performansi suatu solusi. Dalam kehidupan sehari-hari individu yang mempunyai nilai *fitness* tertinggi akan bertahan hidup. Begitu sebaliknya individu yang bernilai *fitness* terendah akan mati. Namun pada tugas akhir ini fungsi *fitness* yang digunakan yakni fungsi *fitness* meminimalkan. Nilai terkecil dari setiap generasi yang akan diambil. Adapun fungsi *fitness* yang digunakan mengacu ke [2]:

$$\text{Minimize } F = \min \left(\max \frac{V_1 - V_k}{V_1} \right) \quad \forall k = 1, 2, 3, \dots, n \dots \dots (3.1)$$

Fungsi *fitness* diatas yakni untuk mengetahui nilai deviasi terbesar yang dihasilkan setiap populasi. Namun adanya fungsi *min* pada formula diatas karena setiap solusi menghasilkan nilai deviasi maksimum yang berbeda-beda maka diambil nilai deviasi maksimum terkecil sesuai dengan judul tugas akhir ini yakni meminimalkan deviasi tegangan yang terjadi pada jaringan.

3.3.3 Bangkitkan Generasi Awal

Pada bagian ini akan dibangkitkan nilai yang berupa nilai acak sebanyak nilai objek dan populasi yang akan diterapkan sebagai solusi. Nilai ini sebagai nilai awal yang akan diterapkan sebagai solusi. Yang kemudian akan berubah pada proses *cross over* dan mutasi. Nilai acak yang berupa nilai 0 hingga satu kemudian di konversi kedalam bilangan biner.

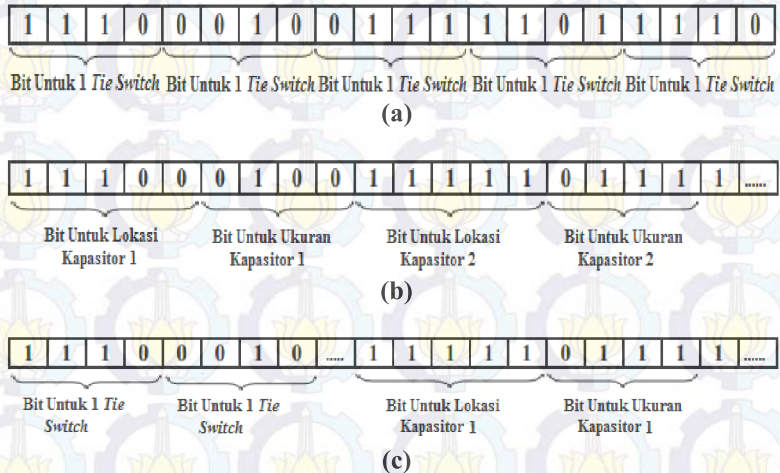
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Gambar 3.6 Contoh Bit Generasi Awal

Pada tugas akhir ini kromosom yang dibangkitkan setiap populasi berbeda beda setiap kasusnya. Pada kasus rekonfigurasi kromosom yang dibangkitkan yakni 5 kromosom untuk setiap *tie switch*. Pada kasus penempatan kapasitor 9 kromosom untuk setiap kapasitor. Dan untuk rekonfigurasi dan penempatan kapasitor dibangkitkan 29 untuk setiap 1 pasang *tie switch* dan kapsaitor setiap kromosomnya.

3.3.4 Pengalamanatan Nilai Bit Solusi

Pengalamanatan nilai bit (dekodekan kromosom) yakni memetakan bit-bit kedalam kelompok yang akan menjadi solusi. Untuk rekonfigurasi maka akan di petakan menjadi masing-masing 4 bit untuk setiap pasang tie switch yang ditutup dan line yang dibuka. Untuk kapasitor setiap kapasitor 9 bit yang mana 5 bit untuk lokasi dan 4 bit untuk ukuran kapasitor.



Gambar 3.7 (a) Pengalamanatan Nilai Bit Rekonfigurasi, (b) Pengalamanatan Nilai Bit Pemasangan Kapasitor (c) Pengalamanatan Nilai Bit Pemasangan Rekonfigurasi dan Kapasitor

Pada gambar (b) terlihat pengalamanatan bit untuk lokasi dan ukuran kapasitor berurutan kapasitor 1 terlebih dahulu lalu kemudian kapasitor selanjutnya. Pada gambar (c) pengalamanatan bit terlebih dahulu bit untuk rekonfigurasi, setelah semua tie switch dialamatkan baru kemudian pengamatan lokasi dan ukuran kapasitor.

3.3.5 Pembuatan Data Base

Pembuatan data base yang dimaksud yakni kumpulan data untuk menerjemahkan hasil dekodekan kromosom menjadi solusi baik itu untuk rekonfigurasi, kapasitor maupun penggabungan keduanya.

3.3.6 Sesuaikan Hasil Dekodekan Kromosom

Pada bagian ini hasil dari dekodekan kromosom yang berupa bilangan biner akan di sesuaikan dan diterjemahkan menjadi solusi baik tie switch yang dtutup line yang dibuka atau pun lokasi maupun ukuran kapasitor.

3.3.7 Load Flow Pertama

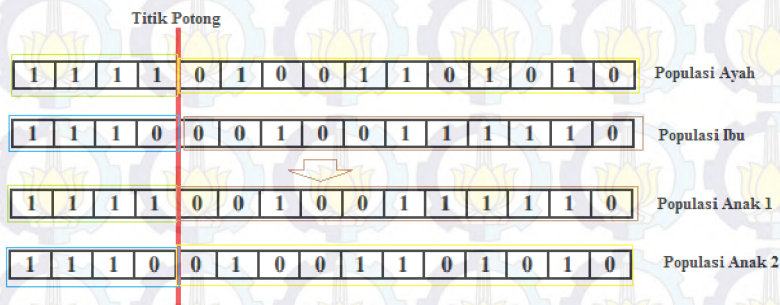
Pada bagian ini untuk mendapatkan nilai fitness awal dari generasi awal. Apabila didapat nilai yang memenuhi syarat tegangan maka akan di simpan. Untuk nilai yang tidak memnuhi persyaratan akan di lakukan crossover atau mutasi pada langkah berikutnya.

3.3.8 CrossOver

Pada proses ini dari jumlah populasi yang dibangkitkan akan dibagi berdasarkan titik potong yang didapatkan dari hasil acak yang dihasilkan Algoritma Genetika. Dari pembagaian tersebut maka bagian populasi yang berada didepan garis potong pada populasi orang ayah akan di pindah ke lokasi bit yang sama namun di populasi anak pertama.

Pada bit yang setelah titik potong pada populasi ayah akan di pindah ke populasi anak kedua dengan alamat dan urutan bit yang sama. Begitu juga dengan populasi ibu bit yang berada didepan titik potong akan dipindah ke lokasi dan urutan bit yang sama pada pada populasi anak kedua.

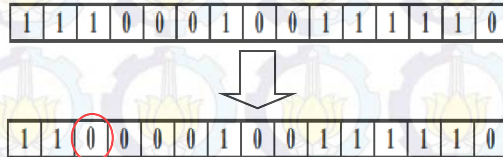
Selanjutnya bit setelah garis potong pada populasi ibu dipindang ke loasi dan ukuran bit yang sama pada populasi anak kedua. Dengan demikian didapta dua populasi baru dengan susunan bit yang berbeda.



Gambar 3.8 Contoh Cross Over

3.3.9 Mutasi

Berbeda dengan crossover, mutasi yakni mengganti kromosom dengan kromosom baru hasil pembangkitan Algoritma Genetika. Hasil penggantian kromosom ini akan menghasilkan susunan kromosom baru. Penggantian kromosom ini sangat bergantung dari nilai probabilitas mutasi yang ditetapkan.



Gambar 3.9 Contoh Mutasi

3.3.10 Load Flow Ulang

Pada bagian ini hasil crossover atau mutasi akan di konversi kembali menjadi solusi yang akan diterapkan ke linedata atau busdata dan kemudian di load flow ulang unruk mendapatkan nilai fitness baru.

3.3.11 Evaluasi Nilai Individu

Evaluasi individu digunakan untuk menyeleksi solusi yang dihasilkan setiap individu atau populasi. Adapun mekanisme penyeleksian individu yakni setiap solusi menghasilkan suatu fitness yang mana fitness tersebut memiliki parameter-parameter. Jika parameter-parameter tersebut memenuhi batasan-batasan yang ditetapkan maka solusi yang menghasilkan fitness tersebut akan dipertahankan. Namun jika tidak memnuhi persyaratn akan di hapus. Batasan –batasan ini akan dibahas pada akhir subab ini.

3.3.12 Rekam Nilai Solusi dan Fitness

Pada bagian ini akan di rekam solusi maupun fitness baik itu hasil dari solusi awal ataupun hasil cross over atau mutasi. Fitness hasil populasi awal akan dibandingkan dengan hasil cross over atau mutasi yang kemudian solusi yang menghasilkan fitness terkecil akan disimpan untuk dibandingkan dengan generasi selanjutnya.

3.3.13 Menggambar Kurva *Fitness*

Ploting (menggambar) kurva fitness yakni menggambar nilai fitness terbaik dari setiap generasi atau iterasi. Jika fitness generasi sebelumnya lebih kecil dari generasi baru maka fitness yang akan digambar adaah finess sebelumnya. Begitu juga kebalikannya jika fitness

generasi baru lebih kecil dari gnerasi sebelumnya maka yang akan digamabradalah fitness dari generasi baru.

3.3.14 Cetak hasil Optimasi

Jika telah didapatkan fitness dari semua generasi maka akan dicetak hasil solusi yang menghasilkan nilai fitness terkecil yang di mabil dari fungsi rekam nilai fitness yang sebelumnya.

3.4 Implementasi Rekonfigurasi Jaringan pada Algoritma Genetika

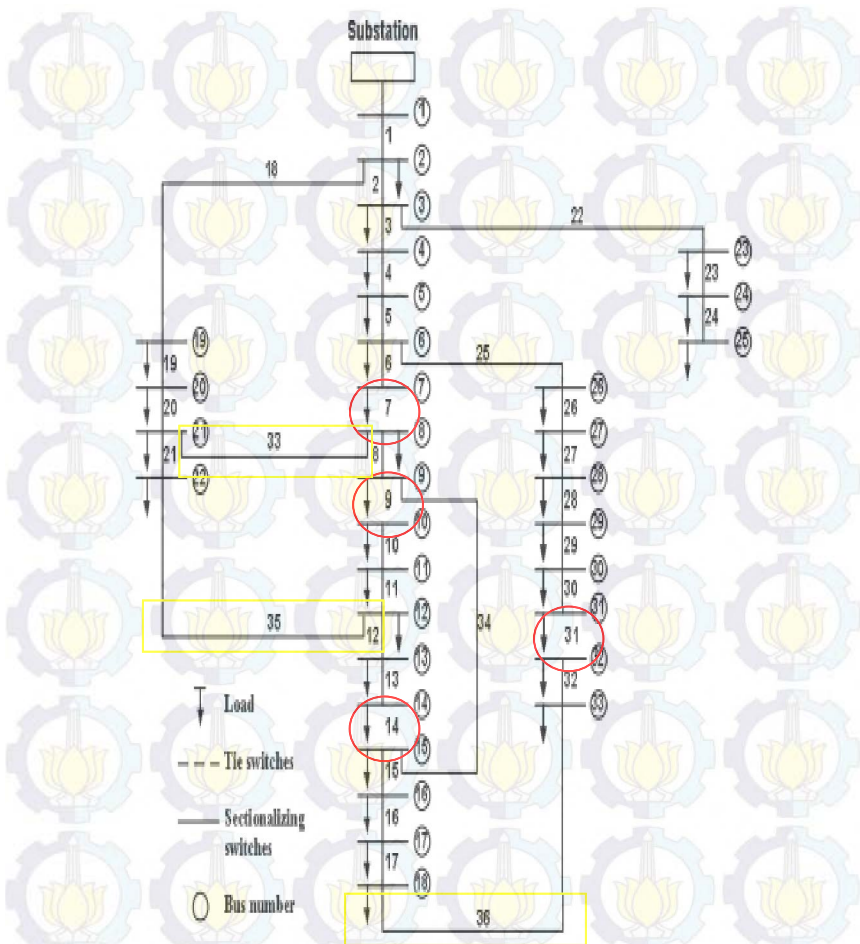
Berdasarkan pengertian rekonfigurasi jaringan pada bab sebelumnya maka bab subbab ini akan menjelaskan mengenai implementasi dari rekonfigurasi jaringan itu sendiri. Rekonfigurasi jaringan hanya dapat dilakukan pada jaringan sudah memiliki *tie switch*. Rekonfigurasi jaringan dilakukan dengan cara menutup satu atau lebih *tie switch* dan membuka 1 atau lebih *tie line* jaringan. Jumlah *tie switch* yang ditutup harus sama dengan jumlah *tie line* yang dibuka. Hal ini dilakukan untuk menjaga jaringan tersebut tetap radial dan semua bus tetap mendapatkan tegangan.

Maka dari itu implementasi rekonfigurasi jaringan dalam Algoritma genetika pada tugas akhir ini yakni dengan membuat data base dari semua kemungkinan *tie switch* yang ditutup dengan *line* yang dibuka. Yang mana sudah dibahas pada subbab sebelumnya bahwa terdapat 20 bit yang dikelompokkan menjadi masing masing 4 bit. Yang mana apabila setiap hasil random yang dihasilkan Algoritma Genetika dikonversi menjadi nilai bit dan akan dibaca atau dikonversi sebagai *tie switch* atau *line* yang harus dibuka.

Dari hasil konversi tersebut kemudian di terapkan kedalam linedata. Namun dalam merekonfigurasi jaringan juga terjadi perubahan aliran arus, dan urutan bus. Sehingga perlu dilakukan penataan ulang urutan bus dan urutan aliran arus. Karena apabila tidak dilakukan hal tersebut maka akan terjadi hasil yang tidak akurat.

Seperti conoh pada gambar 3.6, solusi yang dihasilkan Algoritma Genetika *tie switch* yang ditutup adalah *tie switch* 33 atau bus 21 ke bus 8, dan *tie line* yang dibuka yakni *tie line* 7 atau bus 7 ke bus 8 maka urutan bus yang semula bus 4 ke bus 5 ke bus 6 ke bus 7 ke bus 8, berubah menjadi bus 4 ke bus 5 ke bus 6 ke bus 7, sedangkan bus 7 ke bus 8 terputus maka bus 8 urutannya menjadi bus 19, ke bus 20, ke bus 21, ke bus 8 ke bus 15. Begitu juga dengan hasil yang didapat Algoritma Genetika *tie switch* 35 ditutup dan *tie line* 9 dibuka maka urutan bus yang semula bus 7 ke bus 8 ke bus 9 ke bus 10 ke bus 11 ke bus 12 menjadi

bus 22 ke bus 12 ke bus 11 ke bus dan bus 22 ke bus 12 ke bus 13 dan bus 14.

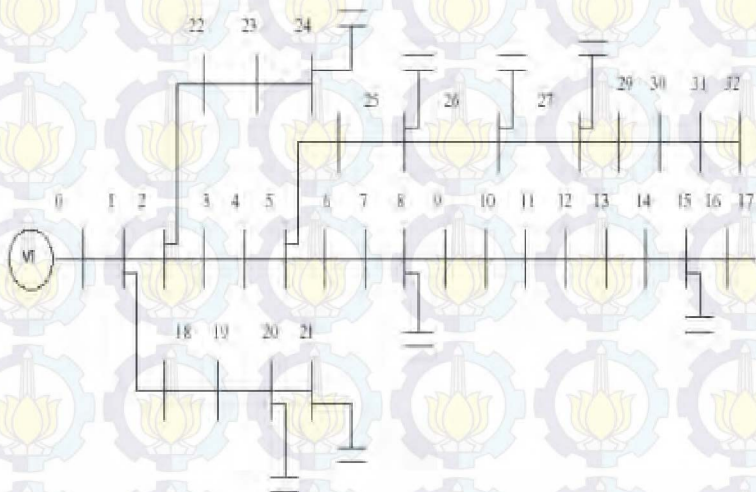


Gambar 3.10 Topologi Jaringan Dengan Semua *Tie Switch* Tertutup

Maka dari setiap hasil 20 bit (populasi) dari setiap generasi akan didapat satu nilai fitness. Dalam tugas akhir ini menggunakan 20 populasi maka didapat 20 nilai fitness yang berbeda-beda kemudian diseleksi dan dipilih yang terkecil untuk dijadikan nilai fitness dari generasi tersebut.

3.5 Implementasi Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada Algoritma Genetika

Implementasi lokasi dan ukuran kapasitor menggunakan teknik yang sama seperti rekonfigurasi jaringan yakni menggunakan *data base*. Untuk pemodelan kapasitor yakni sebagai *load bus* namun beban reaktif negative. Untuk jumlah bit yang digunakan yakni 27 bit untuk 3 kapasitor. Yang mana 27 bit dibagi kedalam 3 kelompok yang masing masing 9 bit, dari setiap kelompok 5 bit pertama untuk lokasi dan 4 bit selanjutnya untuk ukuran kapasitor. Dari 5 bit pertama dari setiap kelompok akan di konversi menjadi lokasi kapasitor. Teknik konversi yang digunakan yakni dengan menyesuaikan hasil biner yang di dapat dengan data base lokasi maupun ukuran kapasitor yang kemudian diterapkan kedalam busdata pada fungsi *loadflow*.



Gambar 3.11 Topologi Jaringan Dengan Pemasangan Kapasitor

3.6 Implementasi Rekonfigurasi Jaringan dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada Algoritma Genetika

Seperti halnya rekonfigurasi dan penempatan kapasitor pada bagian ini rekonfigurasi dan penentuan lokasi kapasitor digabungkan. Adapun penggabungannya dilakukan dengan secara simultan.

Yang dimaksud dengan secara simultan yakni mencari topologi jaringan dan menentukan lokasi dan ukuran kapasitor yang paling optimal secara bersamaan yakni dengan merubah jumlah bit yang akan di bangkitkan oleh algoritma genetika. Yang mana jumlah bit yang dibangkitkan untuk 3 kapasitor dan 5 tie sitch yakni 47 bit dimana 1 kapasitor membutuhkan 9 bit yang mana 5 bit untuk lokasi dan 4 bit untuk kapasitas, sedangkan setiap tie switch membutuhkan 4 bit.

Dari setiap nilai yang dibangkitkan Algoritma genetika akan dikelompokkan menjadi lokasi, ukuran maupun tie switch setiap kapasitor yang kemudian di implementasikan ke data jaringan baik topologi jaringan maupun data beban dan kapasitor.

Dengan dua komponen sebagai solusi dan secara simultan maka akan terjadi perubahan topologi jaringan dari jaringan awal dan adanya pemasangan kapasitor pada jaringan yang digunakan. Untuk pemodelan rekonfigurasi dan pemasangan kapasitor sma halnya dengan implementasi rekonfigurasi saja dan implemenasi kapasitor saja yang dijelaskan pada subab sebelumnya.



3.7 Batasan-Batasan (*Constraint*)

Batasan-batasan (*constraint*) adalah suatu persyaratan yang tidak boleh dilanggar dalam membuat suatu optimasi aliran daya. Pada tugas akhir ini optimasi aliran daya memanfaatkan rekonfigurasi jaringan, dan pemasangan kapasitor pada suatu sistem jaringan disistribusi. Batasan- batasan ini digunakan untuk membantu dalam mendapatkan suatu hasil yang paling optimal. Jika batasan-batasan ini di langgar maka hasil yang didapat bukan dikatakan suatu hasil yang optimal. Pada tugas akhir ini batasan-batasan (*constrain*) yang digunakan antara lain :

a. *Constarint* Tegangan

Cosntatrint tegangan adalah suatu persyaratan atau batasan tegangan yang tidak boleh dilanggar. *Contarin* tegangan yang digunakan pada tugas akhir ini mengacu pada referensi [5] yakni

$$0,95 \text{ p.u} \leq V \leq 1,05 \text{ p.u} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana 0,95 p.u merupakan batas bawah tegangan dan 1,05 p.u adalah batas atas tegangan. Atau pada tugas akhir ini karena menggunakan tegangan 12,66 kV, maka batas bawah yakni 12,027 kV dan batas atas yakni 13,293 kV.

b. *Constraint* Total Kapasitas Maksimum Kapasitor

Constraint ini yakni membatasi total kapasitas maksimum dari semua kapasitor yang dipasang pada jaringan yang diteliti. *Constraint* ini mengacu pada referensi [6] yang menyebutkan

$$\sum_{q \in S_B} Q_q^C \leq 1.0 \times \sum_{q \in S_B} Q_q^L \dots \dots \dots (3.4)$$

Dengan:

S_B = Semua bus yang ada

q = Nomor bus

Q^c = Nilai reaktif kapasitor

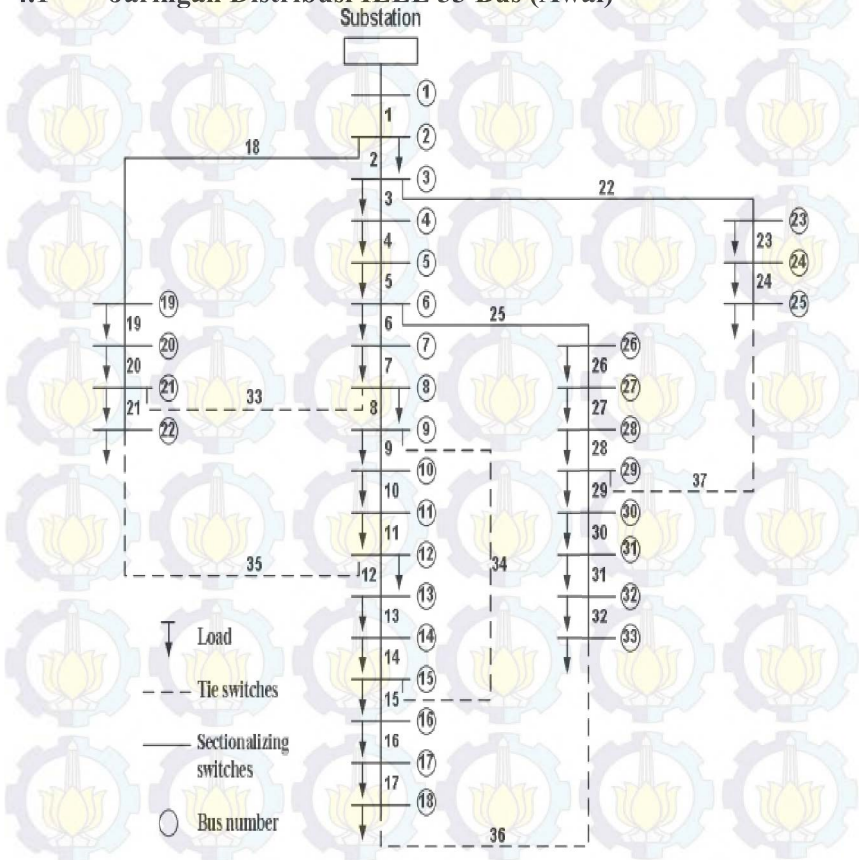
Q^L = Nilai reaktif load



BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Pada bab ini, akan membahas tentang hasil simulasi dari semua kasus yang telah di simulasikan, Yang mana nilai yang diambil dari setiap simulasi hanya deviasi tegangan, Adapun kasus yang disimulasikan dalam tugas akhir ini antara lain

4.1 Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus (Awal)



Gambar 4.1 Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus

Beberapa data yang dibutuhkan untuk simulasi MATLAB yang diambil dari *paper* [4] adalah sebagai berikut :

1. *Single line diagram*
2. *Data saluran*
3. *Data beban*

Dan adapapun hasilnya sebagai berikut:

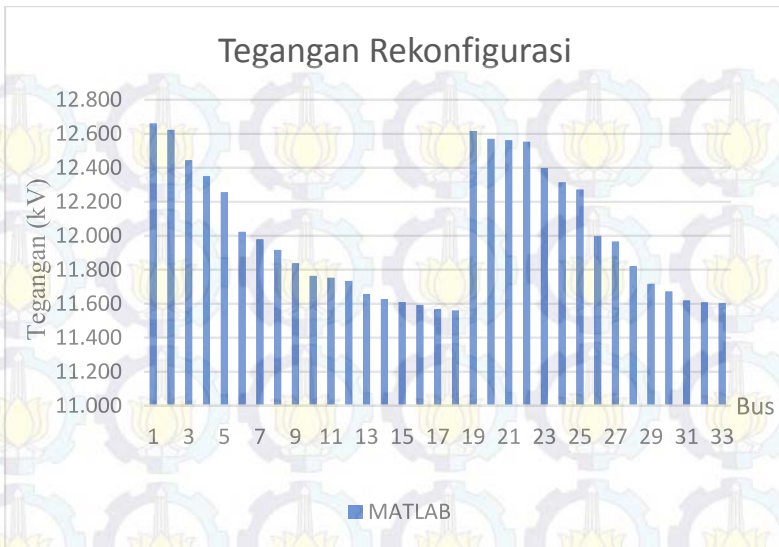
Tabel 4.1 Hasil Simulasi Awal IEEE 33 Bus

No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
1	12,660	-0,00000
2	12,622	-0,00300
3	12,444	-0,01710
4	12,349	-0,02450
5	12,256	-0,03190
6	12,023	-0,05030
7	11,979	-0,05380
8	11,917	-0,05870
9	11,838	-0,06500
10	11,764	-0,07080
11	11,753	-0,07160
12	11,734	-0,07310
13	11,657	-0,07920
14	11,628	-0,08150
15	11,610	-0,08290
16	11,593	-0,08430
17	11,567	-0,08630
18	11,560	-0,08690
19	12,616	-0,00350
20	12,570	-0,00710
21	12,562	-0,00780

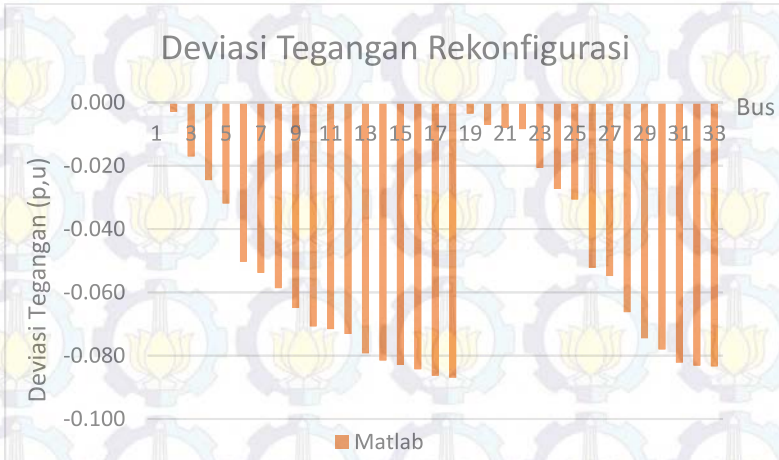
No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
22	12,554	-0,00840
23	12,399	-0,02060
24	12,314	-0,02730
25	12,272	-0,03060
26	11,998	-0,05230
27	11,966	-0,05480
28	11,821	-0,06630
29	11,717	-0,07450
30	11,672	-0,07810
31	11,619	-0,08220
32	11,608	-0,08310
33	11,604	-0,08340
Max	12,660	0
Min	11,560	0,08690

Tabel diatas merupakan data hasil simulasi dari kondisi awal jaringan IEEE 33 bus yang mana yang pada tugas akhir ini IEEE 33 bus dimodelkan ke dalam 1 fasa. Tabel diatas merupakan magnitudo tegangan dan deviasi tegangan. Dari data diatas di dapat data bahwa pada jaringan IEEE 33 Bus, memiliki *drop* tegangan yang tidak memenuhi batasan tegangan yakni $1,05 < \text{Deviasi} < 0,95$.

Sehingga diperluikkanya langkah-langkah untuk memperbaiki deviasi tegangan yang dibawah batasan tegangan tersebut. Langkah langkah yang di gunakan pada tugas akhir ini dengan melakukan rekonfigurasi dan pemasangan kapasitor. Untuk profil tegangan setiap bus dan deviasi tegangan tiap bus grafiknya sebagai berikut.



Gambar 4.2 Grafik Tegangan Kasus Awal

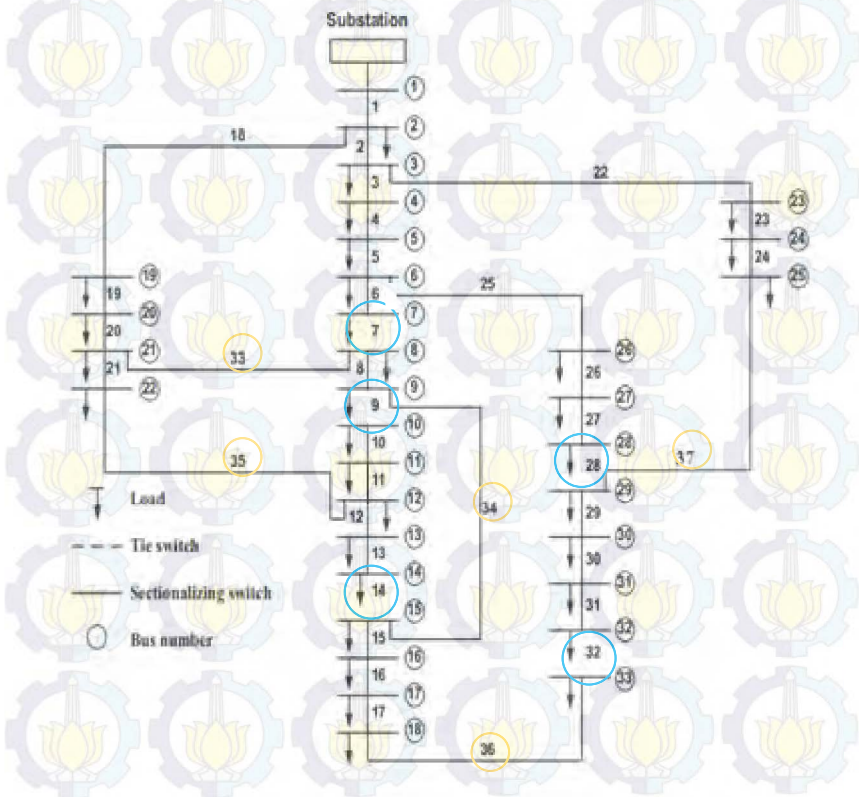


Gambar 4.3 Grafik Deviasi Kasus Awal

4.2 Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan Algoritma Genetika

Sesuai dengan pengertian dari rekonfigurasi yakni membuat konfigurasi baru dari topologi jaringan. Dalam merekonfigurasi jaringan dibutuhkan *tie switch* untuk menyambung dari satu bus ke bus yang lain dan juga dibutuhkan *tie line* untuk menjaga topologi jaringan tetap radial. Pada tugas akhir ini *plant* yang digunakan sudah memiliki *tie switch*.

Dengan melihat topologi awal jaringan dan banyaknya jumlah *tie switch* maka nominasi dari kombinasi *tie switch* yang ditutup dan *tie line* yang dibuka maka dibutuhkan suatu algoritma untuk dapat mencari kombinasi terbaik yang menghasilkan deviasi tegangan terkecil.



Gambar 4.4 Hasil Rekonfigurasi IEEE 33 Bus Dari GA

Pada gambar di atas, *tie switch* s34,s35,s36,s37 *close*, ditandai dengan lingkaran berwarna kuning. Sementara itu *sectionalized switch* saluran 7-8,9-10, 14-15, 32-33, 28-29 *open*, ditandai dengan lingkaran biru, Hasil simulasi didapatkan nilai tegangan dan deviasi tegangan serta *tie switch* atau *tie line* sebagai berikut.

Tabel 4.2 Tie Switch / Tie Line Dibuka dan Ditutup

<i>Tie Switch / Tie Line</i>	
Buka	Tutup
Bus 7 ke Bus 8	Bus 8 ke Bus21
Bus 9 ke Bus 10	Bus 12 ke Bus 22
Bus 14 ke Bus 15	Bus 9 ke Bus 15
Bus 32 ke Bus 33	Bus 18 ke Bus 33
Bus 28 ke Bus 29	Bus 25 ke Bus 29

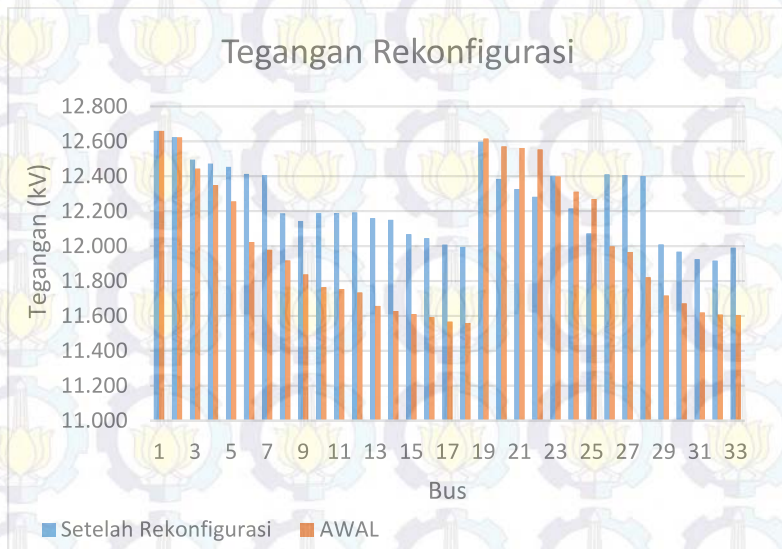
Tabel 4.3 Hasil Simulasi Rekonfigurasi Jaringan IEEE 33

No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
1	12,660	0,000
2	12,623	-0,003
3	12,495	-0,013
4	12,473	-0,015
5	12,454	-0,016
6	12,414	-0,019
7	12,406	-0,020
8	12,187	-0,037
9	12,144	-0,041
10	12,188	-0,037
11	12,189	-0,037

No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
12	12,193	-0,037
13	12,160	-0,040
14	12,150	-0,040
15	12,067	-0,047
16	12,045	-0,049
17	12,008	-0,051
18	11,995	-0,053
19	12,598	-0,005
20	12,385	-0,022
21	12,326	-0,026
22	12,282	-0,030
23	12,402	-0,020
24	12,216	-0,035
25	12,072	-0,046
26	12,410	-0,020
27	12,407	-0,020
28	12,400	-0,021
29	12,009	-0,051
30	11,968	-0,055
31	11,925	-0,058
32	11,917	-0,059
33	11,991	-0,053
Max	12,66	0,000
Min	11,917	-0,059

Tabel diatas merupakan data hasil simulasi dari rekonfigurasi jaringan IEEE 33 bus yang mana yang pada tugas akhir ini IEEE33 bus dimodelkan ke dalam 1 fasa. Tabel diatas merupakan magnitute tegangan dan deviasi tegangan

Dari data diatas didapat data bahwa terjadi *drop* tegangan sebesar 0,05945 p.u. Sedangkan tegangan terkecil dari 33 bus yakni pada bus 32 dengan tegangan **11,907 kV**.

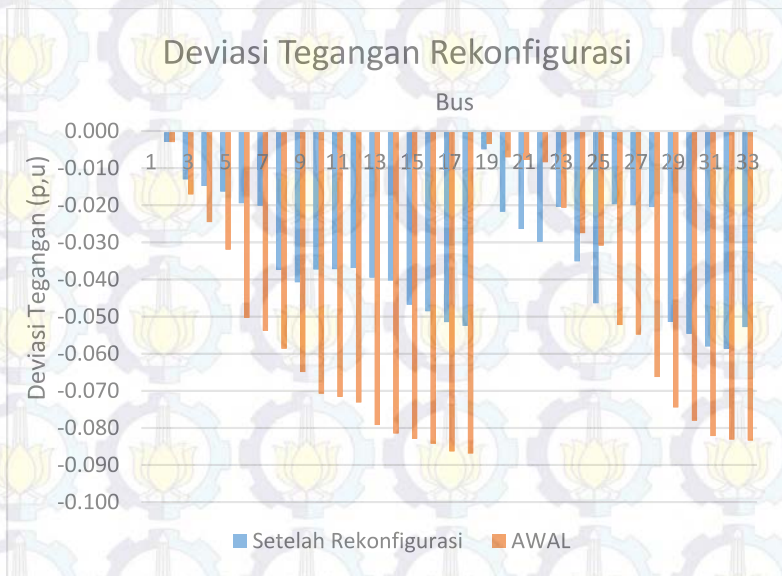


Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Tegangan Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi

Gambar diatas merupakan perbedaan grafik tegangan antara sebelum dilakukan rekonfigurasi dengan setelah dilakukan rekonfigurasi. Dari data diatas terlihat setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan namun berhasil menaikkan profil tegangan dan menurunkan deviasi tegangan namun masih ada beberapa deviasi tegangan yang masih dibawah -0,05 p.u. Ini dikarenakan dengan merekonfigurasi jaringan tidak cukup untuk mendapatkan level deviasi tegangan diatas -0,05 p.u.

Adapun terjadinya kenaikan tegangan tersebut karena berubahnya topologi jaringan yang mana sebelum dilakukan rekonfigurasi jaringan

beberapa bus mendapatkan tegangan yang rendah setelah dilakukan rekonfigurasi mendapatkan tegangan yang lebih tinggi.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Deviasi Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi

Seperti pada bus 29 yang awalnya mendapatkan tegangan dari bus 28 namun setelah rekonfigurasi mendapatkan *supply* tegangan dari bus 25. Naiknya tegangan bus 3 sampai 18 dikarenakan beban yang ditanggung oleh bus tersebut di parallel yang mana bus 8,9 di suplai dari bus 21 sehingga terlihat bus 21 mengalami penurunan tegangan karena menanggung beban yang lebih banyak dari kondisi awal. Bus 10 hingga 14 mengalami kenaikan profil tegangan karena langsung mendapat suplai tegangan dari bus 22, sehingga profil tegangan bus 10-14 tidak terlalu jauh dari bus 22.

Dengan beban pada bus 12 hingga 14 dialihkan ke bus 22 maka profil tegangan bus 22 mengalami penurunan dari sebelum direkonfigurasi namun penurunan masih dalam batas tegangan yang diijinkan.

Sedangkan bus 15 sampai bus 18 dan 33 langsung mendapatkan suplai tegangan dari bus 9 yang mana level tegangan nya lebih tinggi sehingga berefek meningkatnya tegangan bus-bus tersebut, Begitu juga dengan bus 26 hingga bus 28 terjadi kenaikan tegangan karena bus-bus tersebut setelah direkonfigurasi tidak lagi menanggung beban pada bus 29 hingga 33.

Beban pada bus 29 hingga 32 ditanggung oleh aliran dari bus 23 sampai 25 yang level tegangannya sebelum direkonfigurasi sangat baik, Namun setelah direkonfigurasi terjadi penurunan tegangan pada bus 23 hingga 25 karena mendapatkan tambahan beban dari bus 29 hingga 33.

Dengan begitu sesuai dengan teori dari rekonfigurasi jaringan yang mengubah topologi jaringan untuk mendapatkan profil tegangan dan deviasi setiap bus lebih baik dapat dibuktikan.

Namun konsekuensi lain dari rekonfigurasi jaringan yakni akan akan beberap bus yang mengalami penurunan tegangan karena mendapat pengalihan beban, Dengan demikian maka nilai hambatan total dari jaringan akan lebih kecil menyebabkan beban line yang ditanggung juga lebih kecil dan mampu menaikkan tegangan.

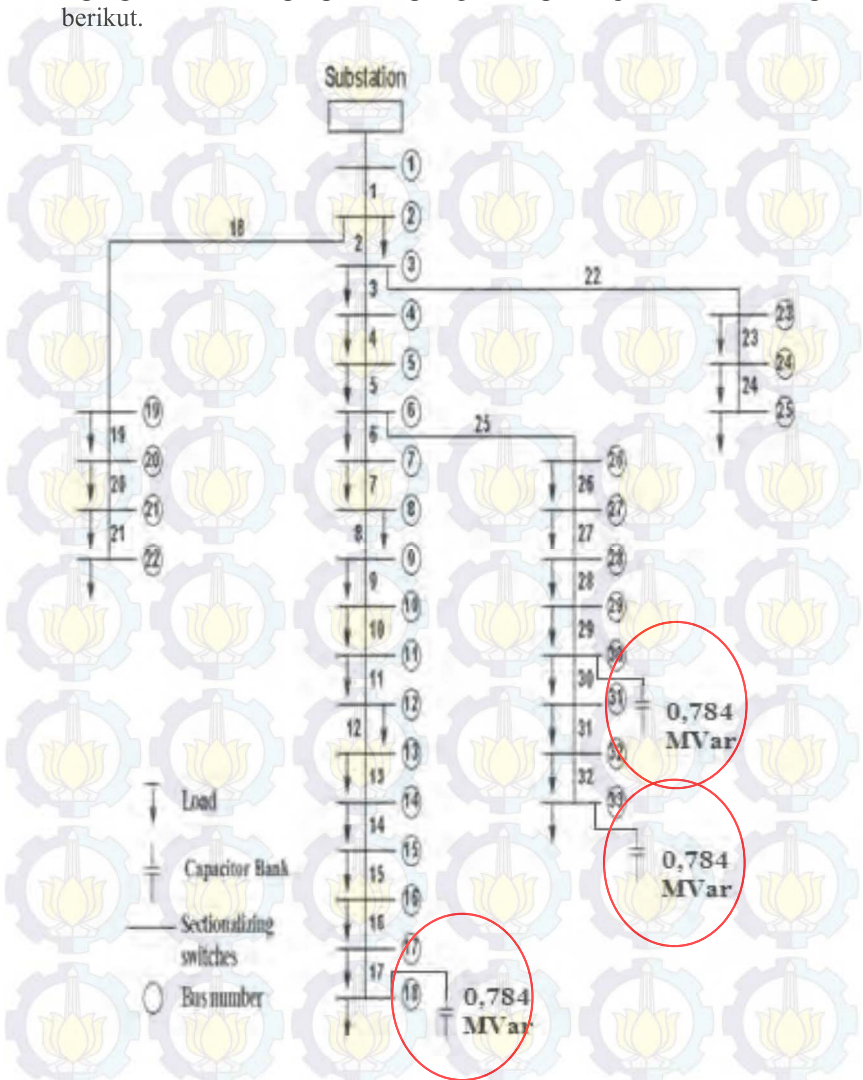
4.3 Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor Menggunakan Algoritma Genetika

Adapun cara lain untuk memperbaiki profil tegangan dan memperkecil deviasi tegangan yakni dengan memasang kapasitor pada jaringan, Dari hasil simulasi maka didapatkan lokasi, kapasitas dan jumlah kapasitor yang dipasang pada jaringan sehingga didapat nilai deviasi tegangan memenuhi batasan tegangan yang ditetapkan. Dan nilai tersebut yakni

Tabel 4.4 Hasil Kapasitas Kapasitor Terpasang

Lokasi	Jumlah	Kapasitas
Bus 18	1 buah	0,784 MVar
Bus 32	1 buah	0,784 MVar
Bus 29	1 buah	0,784 MVar
Total	3 buah	2,352 Mvar

Adapun bentuk penerapan di jaringan IEEE 33 Bus beserta nilai tegangan, deviasi tegangan dengan pemasangan kapsitor diatas sebagai berikut.



Gambar 4.7 Hasil Lokasi dan Ukuran Kapasitor pada IEEE 33 Bus Mmenggunakan Algoritma Genetiak

Gambar diatas merupakan hasil simulasi Algoritma Genetika dalam pencarian lokasi kapsitor teroptimal. Pada gambar tidak adanya *tie switch* karena pada kasus ini *tie switch* tidak digunakan atau dinonaktifkan. Sementara untuk table hasil tegangan dan deviasi setiap fasa beserta lokasi dan ukuran kapsitor yakni sebai berikut

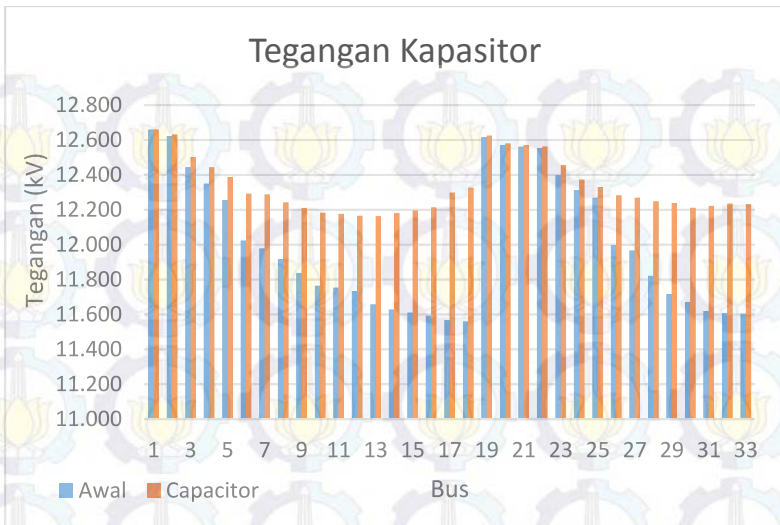
Tabel 4.5 Hasil Simulasi Penentuan Lokasi Kapasitor pada IEEE 33 Bus

No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
1	12,66	0,000
2	12,6315	-0,002
3	12,5015	-0,013
4	12,4428	-0,017
5	12,3869	-0,022
6	12,292	-0,029
7	12,2873	-0,029
8	12,2411	-0,033
9	12,209	-0,036
10	12,183	-0,038
11	12,1764	-0,038
12	12,1654	-0,039
13	12,1625	-0,039
14	12,1797	-0,038
15	12,1955	-0,037
16	12,2132	-0,035
17	12,2978	-0,029
18	12,327	-0,026
19	12,6248	-0,003
20	12,5795	-0,006
21	12,5706	-0,007

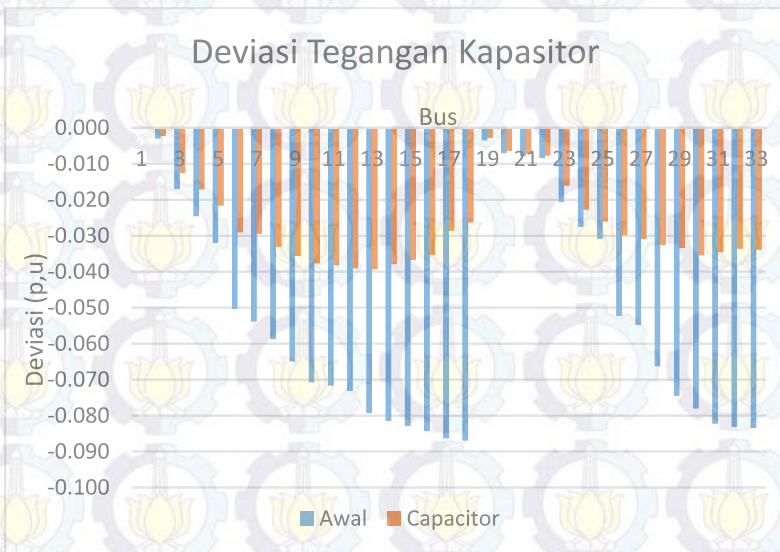
No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
22	12,5625	-0,008
23	12,4563	-0,016
24	12,3722	-0,023
25	12,3303	-0,026
26	12,2815	-0,030
27	12,2685	-0,031
28	12,2479	-0,033
29	12,2377	-0,033
30	12,2111	-0,035
31	12,2224	-0,035
32	12,2346	-0,034
33	12,2312	-0,034
Max	12,66	0,000
Min	12,1625	-0,039

Ketiga tabel diatas merupakan data hasil simulasi dari melakukan pemasangan kapasitor pada jaringan IEEE 33 bus, Tabel pertama merupakan magnitude tegangan dan deviasi dari fasa R, table 4.2 magnitude tegangan dan deviasi dari fasa S, table 4.3 magnitude tegangan dan deviasi dari fasa T dari ketiga table juga terlihat nilai yang sama,Ini karena *plant* yang digunakan merupakan *plant* dengan beban seimbang.

Dari data diatas didapat data bahwa terjadi *drop* tegangan sebesar 0,039 p.u. Sedangkan tegangan terkecil dari 33 bus yakni pada bus 13 dengan tegangan **121625 kV**, Dengan penurunan tegangan terbesar yakni 0,039 maka nilai tersebut sudah memenuhi batsan tegangan yang ditetapkan pada tugas akhir ini. Terlihat juga tidak terjadi *over voltage*, Ini dibuktikan dengan nilai deviasi maksimum yakni 0. Data diatas juga menunjukkan bahwa dengan menggunakan kapasitor mampu menaikkan tegangan secara signifikan.



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Tegangan Setelah Dipasang Kapasitor



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Deviasi Tegangan Setelah Dipasang Kapasitor

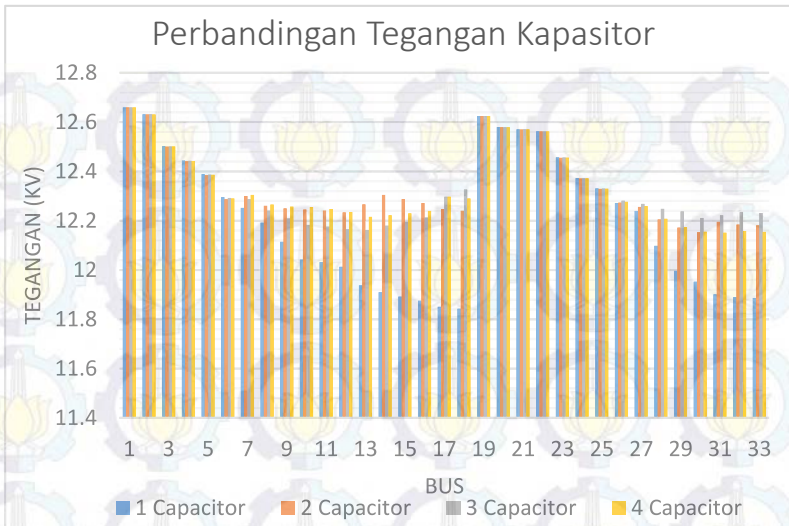
Berkurangnya penurunan tegangan yang terjadi yakni pada kondisi awal hingga 0,08 p.u maka hanya terjadi penurunan tegangan pada 0,039 p.u Hal ini sesuai dengan prinsip pemasangan kapasitor secara parallel maupun langsung pada beban untuk mempertahankan tegangan beban tetap konstan pada tegangan nominal. Dengan sifat kapasitor yang membangkitkan daya reaktif negative dan beban membangkitkan daya reaktif positif maka akan terjadi pengurangan daya reaktif pada sistem jaringan.

Ini menyebabkan penurunan tegangan pada saluran menjadi kecil sehingga tegangan pada sisi terima tidak terlalu jauh dari sisi kirim. Dari hasil optimasi juga didapatkan lokasi yang terjadi drop tegangan yang besar. Seperti pemasangan kapasitor pada bus 18 yang mana pada bus ini sebelum dilakukan terjadi penurunan tegangan dibawah standar - 0,05 p.u, Dari pemasangan kapasitor pada bus 18 ini juga berdampak hingga pada bus 2. Ini karena pada dengan pemasangan kapasitor pada bus 18 maka beban yang dipikul oleh bus 18 akan berkurang sehingga *drop* tegangan dari bus 2 hingga bus 18 akan berkurang, Dengan naiknya tegangan pada bus 7 maka bus 8 hingga 14 juga akan naik.

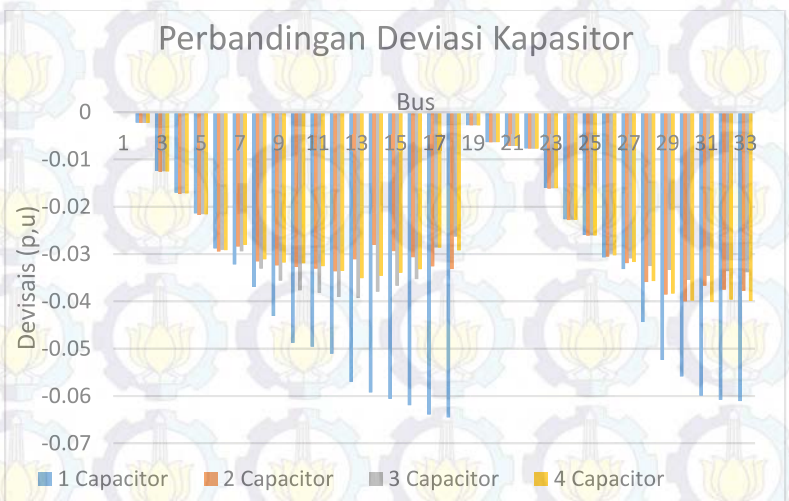
Kemudian pemasangan kapasitor pada bus 29 dan bus 32 menyebabkan tegangan pada bus 33 hingga 26 mengalami kenaikan, Pemasangan pada bus-bus ini juga karena sebelum dilakukan pemasangan kapasitor tegangan bus berada dibawah 0,95 p.u.

4.3.1 Perbandingan Optimasi Dengan Jumlah Kapasitor yang Berbeda

Perbandingan ini dimaksudkan untuk mengetahui efek dari penggunaan jumlah kapasitor dengan jumlah yang berbeda namun total kapasitas yang mendekati. Adapun parameter yang dilihat yakni profil tegangan tiap bus dan deviasi tegangan tiap bus.



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Tegangan Dengan Jumlah Kapsitor Berbeda-beda



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Deviasi Tegangan Dengan Jumlah Kapsitor Berbeda-beda

Tabel 4.6 Hasil Simulasi Perbandingan Jumlah Kapasitor yang Berbeda

Kapasitor			Tegangan		Deviasi	
Jumlah	Total Kapasitas (MVar)	Lokasi	Maks (kV)	Min (kV)	Maks (p,u)	Min (p,u)
1	2,352	Bus 6	12,66	11,843	0	-0,0645
2	2,316	Bus 14, 31	12,66	12,153	0	-0,0400
3	2,352	Bus 18, 32, 29	12,66	12,162	0	-0,0393
4	2,316	Bus 10, 32, 17, 30	12,66	12,151	0	-0,0401

Data diatas merupakan data hasil optimasi dengan jumlah kapasitor yang berbeda namun total kapasitas yang hampir sama yakni mendekati 2,4 MVar. Dengan data diatas terlihat bahwa dengan menggunakan 1 kapasitor dengan kapasitor yang besar tidak terlalu baik untuk memperkecil deviasi tegangan karena nilai deviasi yang dihasilkan dibawah 0,05 p.u tidak memenuhi standar. Sehingga memasang kapasitor dengan jumlah banyak namun kapasitas yang lebih kecil lebih dapat menjaga deviasi tegangan lebih baik. Ini terlihat dengan pemasangan 2 kapasitor dengan total kapasitas 2,316 MVar tidak terjadi *over voltage* dan deviasi tegangan terbesar yakni 0,4 p.u.

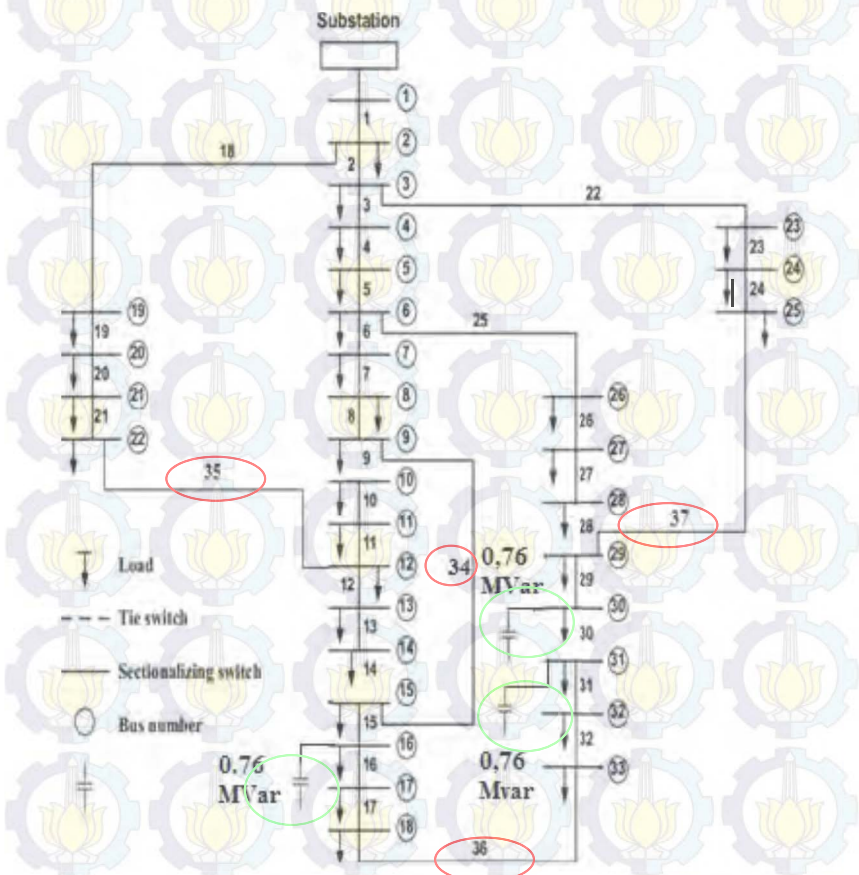
Nilai ini memenuhi *constraint* tegangan yang ditetapkan. Selanjutnya dengan menggunakan 3 kapasitor dengan total 2,352 MVar didapat nilai deviasi tegangan yang lebih baik yakni 0,0393 p.u. Namun Dengan menggunakan 4 kapsitor dengan total 2,316 MVar didapatkan nilai deviasi tegangan yang lebih besar yakni 0,0401 p.u.

Dengan demikian menggunakan 3 kapasitor dengan jumlah yang tidak jauh berbeda lebih optimal dibandingkan dengan menggunakan 1 dua atau tiga kapasitor. Perbandingan diatas untuk melihat efektifitas pemasangan kapsitor dengan total kapasitas yang tidak jauh berbeda namun jumlah yang berbeda. Ini dimaksudkan untuk memberikan pilihan dalam perencanaan dan perhitungan biaya, Dimana dalam perencanaan sangat memperhatikan aspek harga dan efektifitas dari setiap peralatan yang akan di pasang. Hasil optimasi juga menunjukkan dapat mencari lokasi dan ukuran yang mengutamakan pengurangan drop tegangan, namun menjaga tidak terjadi *over voltage*. Sehingga dalam memenuhi

kebutuhan akan permintaan beban dengan deviasi tegangan yang tidak terlalu besar dapat terpenuhi.

4.4 Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor Menggunakan Algoritma Genetika

Pada subbab ini akan ditampilkan hasil simulasi optimasi pengurangan deviasi tegangan hasil dari rekonfigurasi dan penambahan kapasitor pada sistem.



Gambar 4.12 Lokasi & Ukuran Kapasitor beserta *Tie Switch* yang Dibuka dan Di Tutup

Gambar 4.12 merupakan gambar hasil simulasi Algoritma Genetika untuk penempatan kapsitor paling optimal dan rekonfigurasi yang paling optimal.

Tabel 4,7 Kombinasi *Tie Switch* dan Nilai Serta Lokasi Kapasitor

Capacitor		Tie Switch	
Lokasi	Ukuran	Buka	Tutup
BUS 16	0,76 Mvar	Bus 8 ke Bus 21	-
BUS 30	0,76 Mvar	Bus 9 ke Bus 10	Bus 12 ke Bus 22
BUS 31	0,76 Mvar	Bus 14 ke Bus 15	Bus 9 ke Bus 15
-	-	Bus 30 ke Bus 31	Bus 18 ke Bus 33
-	-	Bus 27 ke Bus 28	Bus 25 ke Bus 29

Dari penggunaan kapasitor dan rekonfigurasi digunakan 3 kapsitor yang total kapasitasnya 2,28 Mvar. Dan menggunakan 4 rekonfigurasi. Maka dari itu Algoritma genetika dengan kapasitor dan rekonfigurasi dapat mengurangi penggunaan total kapasitas kapasitor.

Yang mana pada kasus kapasitor menggunakan kapasitor dengan total 2,352 Mva. Sedangkan untuk rekonfigurasi penggunaan tie switch juga berkurang yang pada kasus rekonfigurasi menggunakan 5 tie switch sedangkan pada kasus penggabungan ini hanya menggunakan 4 tie switch. Untuk hasil tegangan dan deviasi tegangan adalah seperti table dibawah ini.

Tabel 4.8 Hasil Simulasi Rekonfigurasi & Penentuan Lokasi Kapasitor
pada IEEE 33 Bus

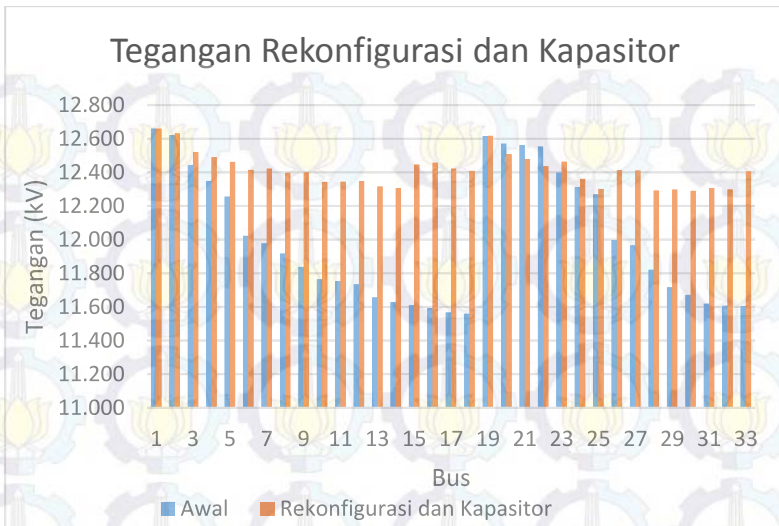
No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
1	12,660	0,000
2	12,632	-0,002
3	12,521	-0,011
4	12,490	-0,013
5	12,462	-0,016
6	12,415	-0,019
7	12,423	-0,019
8	12,397	-0,021
9	12,400	-0,021
10	12,343	-0,025
11	12,344	-0,025
12	12,348	-0,025
13	12,316	-0,027
14	12,306	-0,028
15	12,446	-0,017
16	12,458	-0,016
17	12,422	-0,019
18	12,410	-0,020
19	12,618	-0,003
20	12,508	-0,012
21	12,480	-0,014
22	12,437	-0,018
23	12,464	-0,016
24	12,361	-0,024
25	12,301	-0,028
26	12,413	-0,020
27	12,411	-0,020
28	12,292	-0,029
29	12,298	-0,029

No bus	Tegangan (kV)	Deviasi (p.u)
30	12,290	-0,029
31	12,307	-0,028
32	12,299	-0,029
33	12,406	-0,020
Max	12,660	0,000
Min	12,290	-0,029

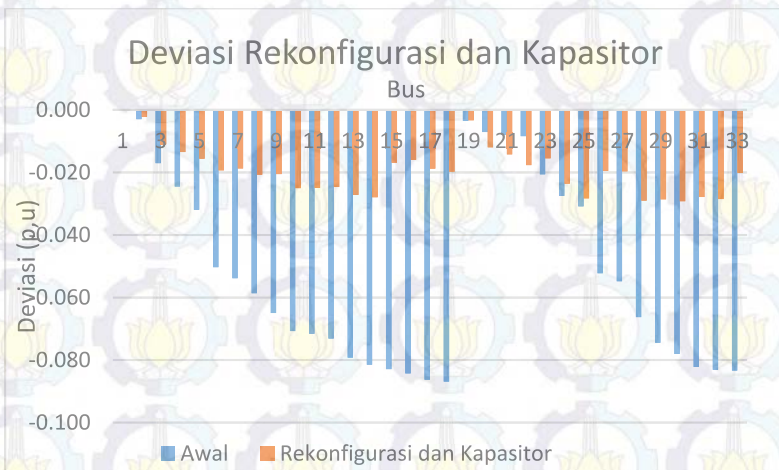
Tabel diatas merupakan data hasil simulasi dari melakukan rekonfigurasi dan pemasangan kapasitor pada jaringan IEEE 33 bus. Parameter yang diambil yakni hanya tegangan dan deviasi tegangan. Dari data diatas didapat data bahwa terjadi *drop* tegangan sebesar 0,029 p.u. Sedangkan tegangan terkecil dari 33 bus yakni pada bus 30 dengan tegangan **12,290 kV**. Dengan penurunan tegangan terbesar yakni 0,029 p.u maka nilai tersebut sudah memenuhi batasan tegangan yang ditetapkan pada tugas akhir ini, Terlihat juga tidak terjadi *over voltage*. Ini dibuktikan dengan nilai deviasi maksimum yakni 0.

Dengan melakukan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor secara simultan maka dapat terlihat bahwa baik profil tegangan maupun deviasi lebih dapat dijaga mendekati tegangan nominal. Dengan penggabungan rekonfigurasi dan penempatan kapasitor maka kapasitor dapat mengkompensasi *drop* tegangan yang terjadi ketika kapasitor. yang mana hanya dengan rekonfigurasi tidak dapat menaikkan tegangan hingga dibawah standar yang diinginkan

Data diatas menunjukkan dengan penggabungan rekonfigurasi dan kapasitor dapat menurunkan total kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai deviasi tegangan yang lebih baik penggunaan jumlah kapasitor yang lebih banyak dengan total 2,28 Mvar dan *tie switch* yang digunakan yakni 4 buah.



Gambar 4.13 Perbandingan Tegangan Setelah Rekonfigurasi dan Pemasangan Kapasitor dengan Kondisi Awal



Gambar 4.14 Perbandingan Deviasi Tegangan Setelah Rekonfigurasi dan Pemasangan Kapasitor dengan Kondisi Awal

4.5 Perbandingan Semua Kasus

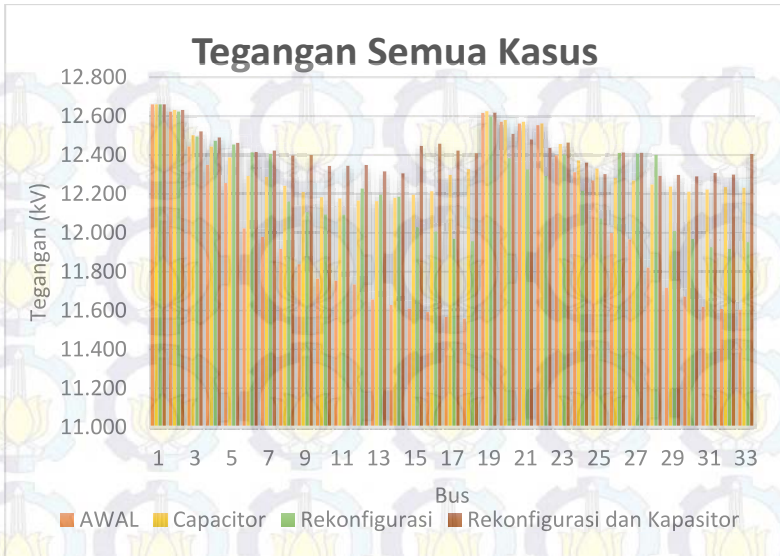
Pada bagian ini akan ditunjukkan hasil dari semua kasus yakni dari kasus *base case*, rekonfigurasi, kapasitor maupun rekonfigurasi dan kapasitor/ Dengan menunjukkan hasil dari semua kasus akan diketahui perbandingan tegangan tiap bus, deviasi tiap bus, kombinasi *tie switch*, lokasi kapasitor

Tabel, 4,9 Perbandingan Hasil Dari Semua Kasus

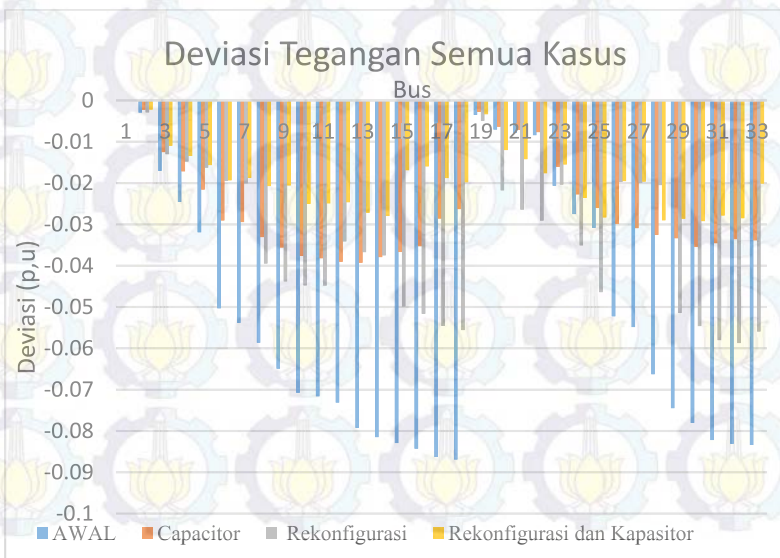
Kasus	Jumlah Tie Switch	Kapasitor		Tegangan		Deviasi	
		Jumlah	Total Kapasitas (MVar)	Maks (kV)	Min (kV)	Maks (p,u)	Min (p,u)
Awal	-	-	-	12,660	11,560	0,000	-0,087
Rekonfigurasi	5	-	-	12,660	11,917	0,000	-0,059
Kapasitor	-	3	2,352	12,660	12,163	0,000	-0,039
Rekonfigurasi & Kapasitor	4	3	2,28	12,660	12,290	0,000	-0,029

Dari data diatas dapat di ketahui perbandingan dari keempat kasus diatas pada kasus awal tidak menggunakan kapasitor dan rekonfigurasi tegangan terkecil yakni 11,560 kV. Dengan deviasi terbesar 0,087 p.u. kemudian dilakukan rekonfigurasi jaringan dengan menggunakan 5 tie switch maka di dapat hasil tegangan minimal yakni 11,9167 kV. Dengan drop tegangan yakni 0,059 p.u.

Sedangkan untuk pemasangan kapasitor dengan 3 kapasitor dengan total kapasitas 2,352 MVar. didapat nilai tegangan terkecil yakni 12,163 kV dengan drop terbesar yakni 0,039 p,u. Kemudian dengan menggabungkan keduanya maka algoritma genetika dapat menurunkan total kapasitas kapsitor menjadi 2,28 MVar dan hanya menggunakan 4 tie switch namun mendapatkan nilai deviasi yang lebih kecil yakni deviasi tegangan sebesar 0,029 p.u. dan tegangan terkecil yakni 12,290 Kv.



Gambar 4.15 Perbandingan Tegangan Semua Kasus



Gambar 4.16 Perbandingan Deviasi Tegangan Semua Kasus

4.6 Validasi Hasil Simulasi Dengan Matlab

Untuk mengetahui keakuratan dari hasil optimasi yang didapat maka berikut adalah validasi ke program ETAP

4.6.1 Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus (Awal)

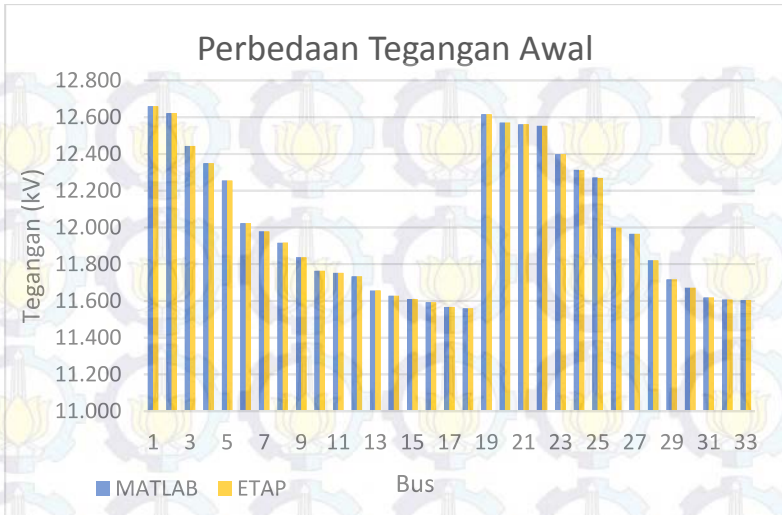
Berikut hasil validasi antara hasil simulasi dengan hasil ETAP pada *Base Case*. Adapun parameter yang dibandingkan yakni hasil tegangan dengan hasil deviasi setiap bus

Tabel 4,10 Validasi *Base Case*

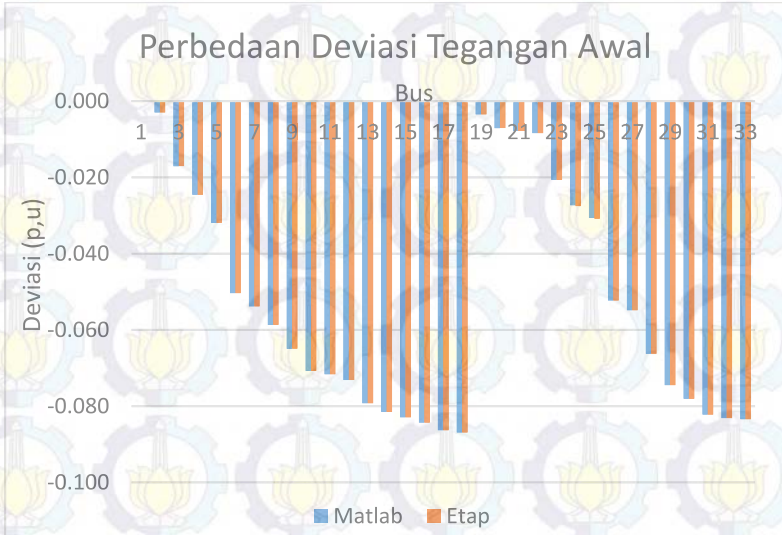
No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		Error (%)
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
1	12,660	12,660	0,00000	0,00000	0,00000
2	12,622	12,622	-0,00297	-0,00297	0,00000
3	12,444	12,444	-0,01706	-0,01706	0,00016
4	12,349	12,349	-0,02454	-0,02455	0,00083
5	12,256	12,256	-0,03194	-0,03194	0,00032
6	12,023	12,023	-0,05034	-0,05034	0,00004
7	11,979	11,979	-0,05383	-0,05383	0,00010
8	11,917	11,917	-0,05869	-0,05867	0,00200
9	11,838	11,838	-0,06496	-0,06494	0,00219
10	11,764	11,764	-0,07077	-0,07076	0,00152
11	11,753	11,753	-0,07164	-0,07162	0,00162
12	11,734	11,734	-0,07314	-0,07313	0,00063
13	11,657	11,657	-0,07925	-0,07924	0,00104
14	11,628	11,628	-0,08152	-0,08151	0,00072
15	11,610	11,610	-0,08292	-0,08292	0,00028
16	11,593	11,593	-0,08430	-0,08429	0,00076
17	11,567	11,567	-0,08632	-0,08632	0,00010
18	11,560	11,560	-0,08693	-0,08692	0,00000
19	12,616	12,616	-0,00350	-0,00350	0,00001
20	12,570	12,571	-0,00708	-0,00706	0,00009

No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		Error (%)
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
21	12,562	12,562	-0,00778	-0,00776	0,00033
22	12,554	12,554	-0,00841	-0,00840	0,00010
23	12,399	12,399	-0,02065	-0,02065	0,00001
24	12,314	12,312	-0,02732	-0,02752	0,00002
25	12,272	12,269	-0,03065	-0,03086	0,00032
26	11,998	11,998	-0,05227	-0,05227	0,00032
27	11,966	11,966	-0,05483	-0,05484	0,00020
28	11,821	11,821	-0,06627	-0,06628	0,00021
29	11,717	11,717	-0,07449	-0,07450	0,00008
30	11,672	11,672	-0,07805	-0,07805	0,00012
31	11,619	11,619	-0,08221	-0,08221	0,00008
32	11,608	11,608	-0,08313	-0,08313	0,00003
33	11,604	11,604	-0,08341	-0,08341	0,00008
Max	12,660	12,660	0,00000	0,00000	0,00724
Min	11,560	11,560	-0,08341	-0,08341	0,00000

Dari datas diatas terlihat bahwa hasil perbandingan anantara hasil simulasi dengan matlab yakni dengan eror terbesar 0,00724 %. Dengan nilai eror tersebut maka dapat dikatakan bahwa hasil simulasi dengan hasil etap sudah cukup akurat. Atau secara grafik sebagai berikut:



Gambar 4.17 Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Awal



Gambar 4.18 Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Awal

4.6.2 Rekonfigurasi Jaringan

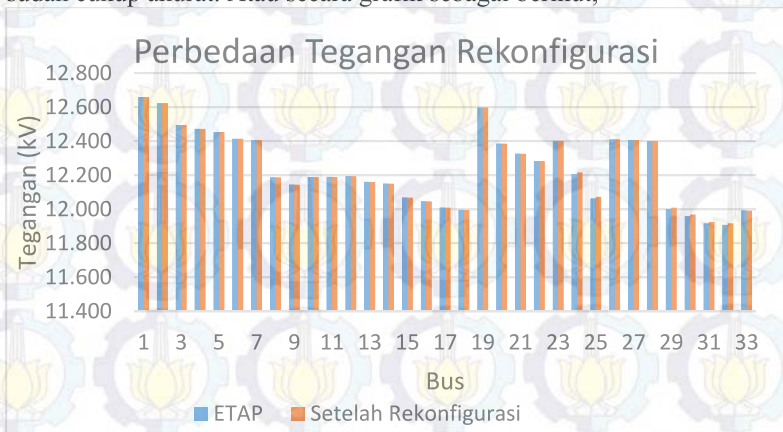
Berikut hasil validasi antara hasil simulasi dengan hasil ETAP pada rekonfigurasi, Adapun parameter yang di bandingkan yakni hasil tegangan dengan hasil deviasi setiap bus. Teknik yang digunakan untuk perbandingan yakni hasil optimasi dari Algoritma Genetika kemudian diterapkan secara manual dengan Etap

Tabel 4,11 Validasi Rekonfigurasi

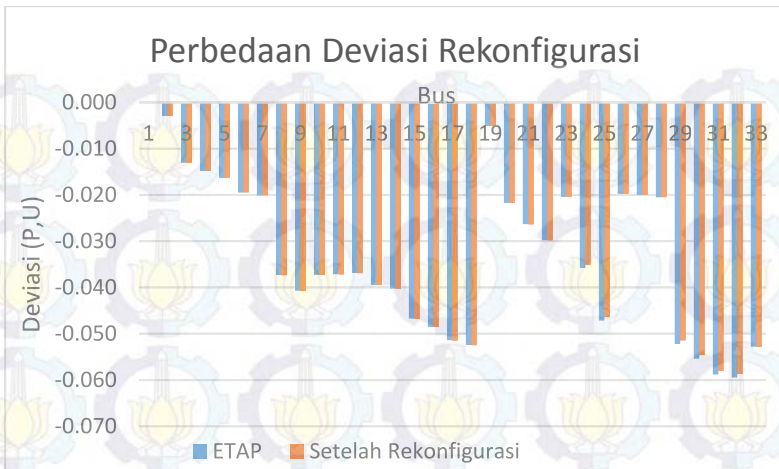
No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
1	12,660	12,66	0,000	0	0,000
2	12,623	12,623	-0,003	-0,00292	0,000
3	12,495	12,495	-0,013	-0,01302	0,000
4	12,473	12,472	-0,015	-0,01482	0,001
5	12,454	12,454	-0,016	-0,0163	0,001
6	12,414	12,414	-0,019	-0,01945	0,001
7	12,406	12,406	-0,020	-0,02009	0,001
8	12,187	12,188	-0,037	-0,03731	0,008
9	12,144	12,145	-0,041	-0,04067	0,008
10	12,188	12,189	-0,037	-0,03722	0,008
11	12,189	12,19	-0,037	-0,03714	0,008
12	12,193	12,194	-0,037	-0,03684	0,008
13	12,160	12,161	-0,039	-0,03942	0,008
14	12,150	12,151	-0,040	-0,04022	0,008
15	12,067	12,068	-0,047	-0,04673	0,009
16	12,045	12,046	-0,048	-0,04848	0,008
17	12,008	12,009	-0,051	-0,0514	0,009
18	11,995	11,996	-0,052	-0,05243	0,008
19	12,598	12,598	-0,005	-0,00492	0,000
20	12,385	12,386	-0,022	-0,02168	0,008
21	12,326	12,327	-0,026	-0,02631	0,008

No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
22	12,282	12,283	-0,030	-0,02977	0,008
23	12,402	12,402	-0,020	-0,02039	0,001
24	12,216	12,207	-0,036	-0,03577	0,068
25	12,072	12,063	-0,047	-0,04714	0,076
26	12,410	12,41	-0,020	-0,01973	0,001
27	12,407	12,407	-0,020	-0,01999	0,001
29	12,400	12,4	-0,021	-0,02051	0,001
30	12,009	12	-0,052	-0,05216	0,077
31	11,968	11,959	-0,055	-0,05536	0,078
32	11,925	11,916	-0,059	-0,05878	0,078
33	11,917	11,907	-0,059	-0,05945	0,078
Max	11,991	11,992	-0,053	-0,05276	0,008
Min	12,66	12,66	0,000	0	0,078

Dari data diatas terlihat bahwa hasil perbandingan anatara hasil simulasi dengan matlab yakni dengan eror terbesar 0,078 %. Dengan nilai eror tersebut maka dapat dikatakan bahwa hasil simulasi dengan hasil etap sudah cukup akurat. Atau secara grafik sebagai berikut,



Gambar 4.19 Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi



Gambar 4.20 Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi

4.6.3 Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor

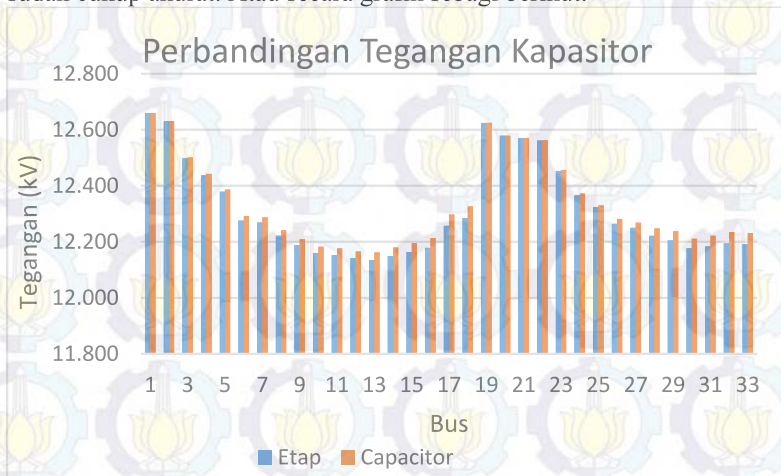
Berikut hasil validasi antara hasil simulasi dengan hasil ETAP pada penentuan lokasi dan ukuran kapasitor. Adapun parameter yang di bandingkan yakni hasil tegangan dengan hasil deviasi setiap bus. Teknik yang digunakan untuk perbandingan yakni hasil optimasi dari Algoritma Genetika kemudian diterapkan secara manual dengan Etap

Tabel 4.12 Validasi Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor

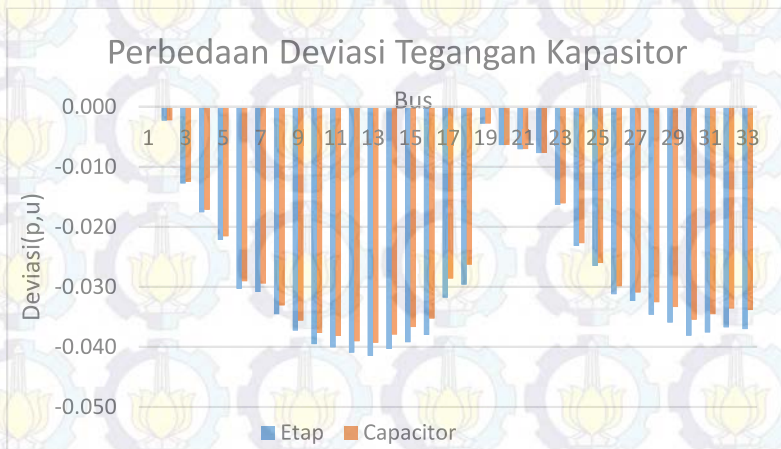
No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error Matlab
	Matlab	ETAP	Matlab	Matlab	
1	12,660	12,660	0,000	0,000	0,000
2	12,631	12,632	-0,002	-0,003	0,004
3	12,498	12,502	-0,013	-0,017	0,026
4	12,438	12,443	-0,018	-0,025	0,042
5	12,379	12,387	-0,022	-0,032	0,060
6	12,276	12,292	-0,030	-0,050	0,130
7	12,269	12,287	-0,031	-0,054	0,147
8	12,222	12,241	-0,035	-0,059	0,152

No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error Matlab
	Matlab	ETAP	Matlab	Matlab	
9	12,188	12,209	-0,037	0,000	0,173
10	12,159	12,183	-0,040	-0,002	0,194
11	12,153	12,176	-0,040	-0,013	0,196
12	12,141	12,165	-0,041	-0,017	0,197
13	12,135	12,163	-0,042	-0,022	0,231
14	12,149	12,180	-0,040	-0,029	0,251
15	12,163	12,196	-0,039	-0,029	0,265
16	12,179	12,213	-0,038	-0,033	0,281
17	12,258	12,298	-0,032	-0,036	0,328
18	12,285	12,327	-0,030	-0,038	0,344
19	12,624	12,625	-0,003	-0,038	0,004
20	12,579	12,580	-0,006	-0,039	0,002
21	12,570	12,571	-0,007	-0,039	0,002
22	12,562	12,563	-0,008	-0,038	0,002
23	12,453	12,456	-0,016	-0,037	0,026
24	12,366	12,372	-0,023	-0,035	0,047
25	12,324	12,330	-0,027	-0,029	0,048
26	12,265	12,282	-0,031	-0,026	0,138
27	12,250	12,269	-0,032	-0,003	0,148
28	12,222	12,248	-0,035	-0,006	0,216
29	12,205	12,238	-0,036	-0,007	0,268
30	12,177	12,211	-0,038	-0,008	0,279
31	12,184	12,222	-0,038	-0,016	0,315
32	12,195	12,235	-0,037	-0,023	0,328
33	12,191	12,231	-0,037	-0,026	0,328
Max	12,660	12,660	0,000	0,000	0,344
Min	12,135	12,163	-0,042	-0,039	0,000

Dari datas diatas terlihat bahwa hasil perbandingan anantara hasil simulasi dengan matlab yakni dengan eror terbesar 0,34 %. Dengan nilai eror tersebut maka dapat dikatakan bahwa hasil simulasi dengan hasil etap sudah cukup akurat. Atau secara grafik sebagai berikut.



Gambar 4.21 Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Kapasitor



Gambar 4.22 Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Kapasitor

4.6.4 Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor

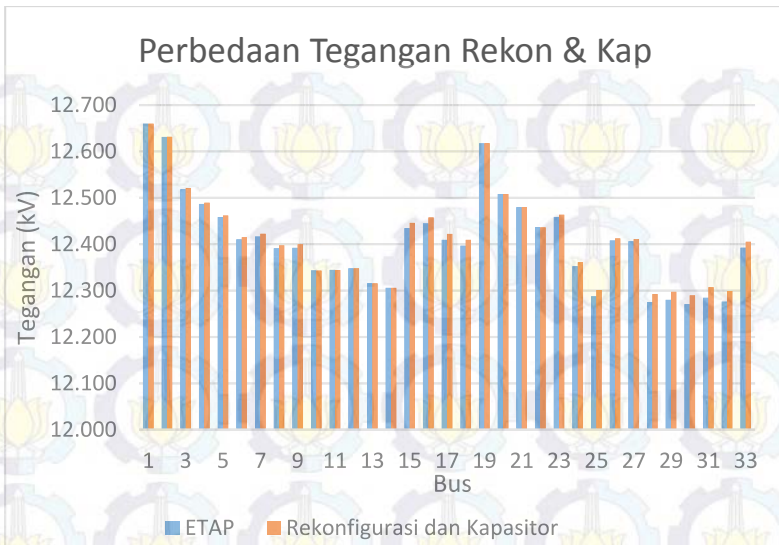
Berikut hasil validasi antara hasil simulasi dengan hasil ETAP pada penentuan lokasi dan ukuran kapasitor. Adapun parameter yang di bandingkan yakni hasil tegangan dengan hasil deviasi setiap bus. Teknik yang digunakan untuk perbandingan yakni hasil optimasi dari Algoritma Genetika kemudian diterapkan secara manual dengan Etap

Tabel 4,13 Validasi Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi dan Ukuran Kapasitor

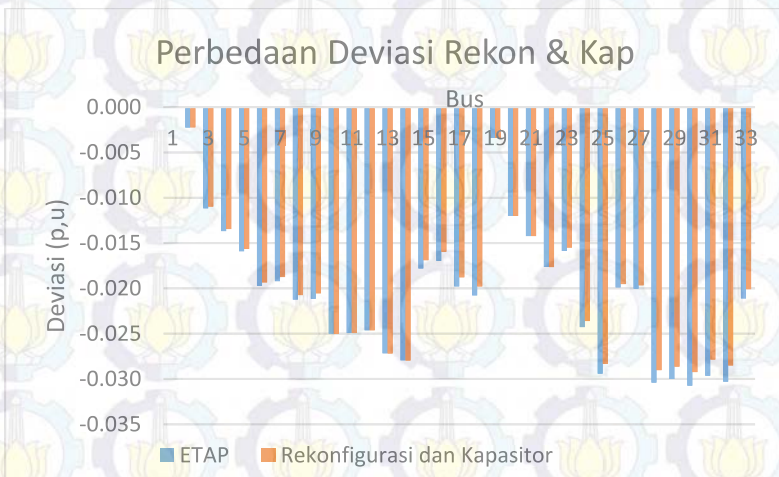
No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error Matlab
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
1	12,660	12,660	0,000	0,000	0,000
2	12,632	12,631	-0,002	-0,002	0,003
3	12,521	12,518	-0,011	-0,011	0,021
4	12,490	12,487	-0,013	-0,014	0,023
5	12,462	12,459	-0,016	-0,016	0,026
6	12,415	12,410	-0,019	-0,020	0,037
7	12,423	12,417	-0,019	-0,019	0,047
8	12,397	12,391	-0,021	-0,021	0,050
9	12,400	12,392	-0,021	-0,021	0,061
10	12,343	12,343	-0,025	-0,025	0,001
11	12,344	12,345	-0,025	-0,025	0,001
12	12,348	12,348	-0,025	-0,025	0,001
13	12,316	12,316	-0,027	-0,027	0,001
14	12,306	12,306	-0,028	-0,028	0,001
15	12,446	12,435	-0,017	-0,018	0,093
16	12,458	12,445	-0,016	-0,017	0,102
17	12,422	12,409	-0,019	-0,020	0,103
18	12,410	12,397	-0,020	-0,021	0,103
19	12,618	12,617	-0,003	-0,003	0,003
20	12,508	12,508	-0,012	-0,012	0,001

No	Tegangan (kV)		Deviasi (p.u)		%Error Matlab
	Matlab	ETAP	Matlab	ETAP	
21	12,480	12,480	-0,014	-0,014	0,001
22	12,437	12,437	-0,018	-0,018	0,001
23	12,464	12,459	-0,016	-0,016	0,038
24	12,361	12,353	-0,024	-0,024	0,069
25	12,301	12,288	-0,028	-0,029	0,111
26	12,413	12,408	-0,020	-0,020	0,038
27	12,411	12,406	-0,020	-0,020	0,038
28	12,292	12,275	-0,029	-0,030	0,141
29	12,298	12,280	-0,029	-0,030	0,141
30	12,290	12,271	-0,029	-0,031	0,157
31	12,307	12,285	-0,028	-0,030	0,184
32	12,299	12,276	-0,029	-0,030	0,184
33	12,406	12,393	-0,020	-0,021	0,103
Max	12,660	12,660	0,000	0,000	0,184
Min	12,290	12,271	-0,029	-0,031	0,000

Dari datas diatas terlihat bahwa hasil perbandingan anantara hasil simulasi dengan matlab yakni dengan eror terbesar 0,184 %. Dengan nilai eror tersebut maka dapat dikatakan bahwa hasil simulasi dengan hasil etap sudah cukup akurat.



Gambar 4.23 Perbedaan Hasil Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor



Gambar 4.24 Perbedaan Hasil Deviasi Tegangan Etap Dengan Matlab Kasus Rekonfigurasi dan Lokasi dan Ukuran Kapasitor



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perancangan, simulasi, hasil dan analisa data kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma Genetika merupakan metode untuk mencoba semua kemungkinan kombinasi baik *tie switch*, lokasi dan ukuran kapasitor agar di dapat kombinasi terbaik.
2. Pemodelan rekonfigurasi jaringan dengan membuat data nominasi *tie switch* atau *tie line* yang harus dibuka dan yang harus ditutup, yang kemudian di pilih oleh Algoritma Genetika untuk mendapatkan deviasi tegangan terkecil.
3. Pemodelan ukuran dan lokasi kapasitor menggunakan Algoritma Genetika yakni dengan menominasikan semua lokasi bus kecuali bus 1 dan persentasi dari total kapasitas kapasitor yang ditetapkan yang kemudian akan dipilih oleh Algoritma Genetika sehingga didapatkan nilai deviasi tegangan terkecil.
4. Penggabungan kedua ini menghasilkan deviasi tegangan yang lebih kecil, namun semua profil tegangan sesuai dengan batasan tegangan yang ditetapkan.
5. Hasil semua kasus

Kasus	Jumlah Tie Switch	Kapasitor		Tegangan		Deviasi	
		Jumlah	Total Kapasitas (MVar)	Maks (kV)	Min (kV)	Maks (p,u)	Min (p,u)
Awal	-	-	-	12,660	11,560	0,000	-0,087
Rekonfigurasi	5	-	-	12,660	11,917	0,000	-0,059
Kapasitor	-	3	2,352	12,660	12,163	0,000	-0,039
Rekonfigurasi & Kapasitor	4	3	2,28	12,660	12,290	0,000	-0,029

5.2 Saran

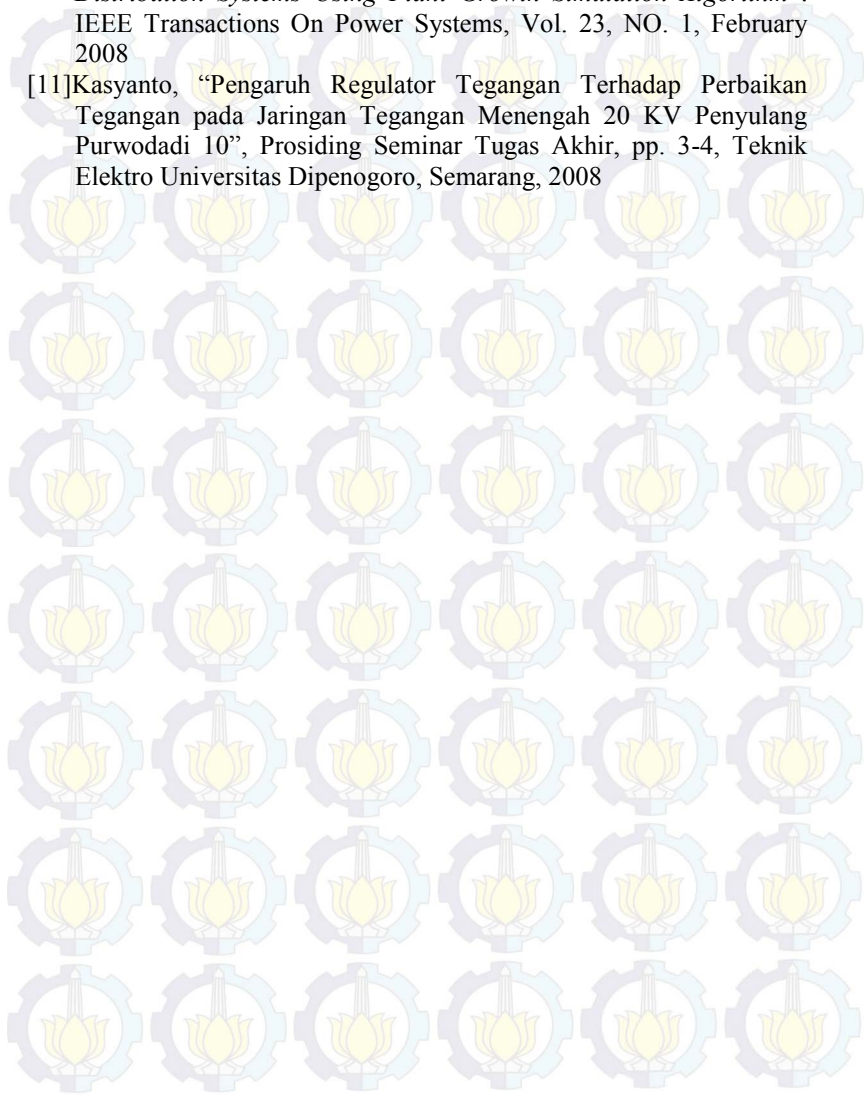
Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu perbaikan pada program aliran daya agar sesuai jika dilakukan yang tidak sangat bergantung dari urutan pemodelan topologi jaringan,
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penggabungan antara rekonfigurasi, pemasangan kapasitor, & *Distributed Generator* dan juga bisa dikembangkan untuk *multi-objective function*.
3. Untuk penelitiannya selanjutnya dapat digunakan *plant real*.

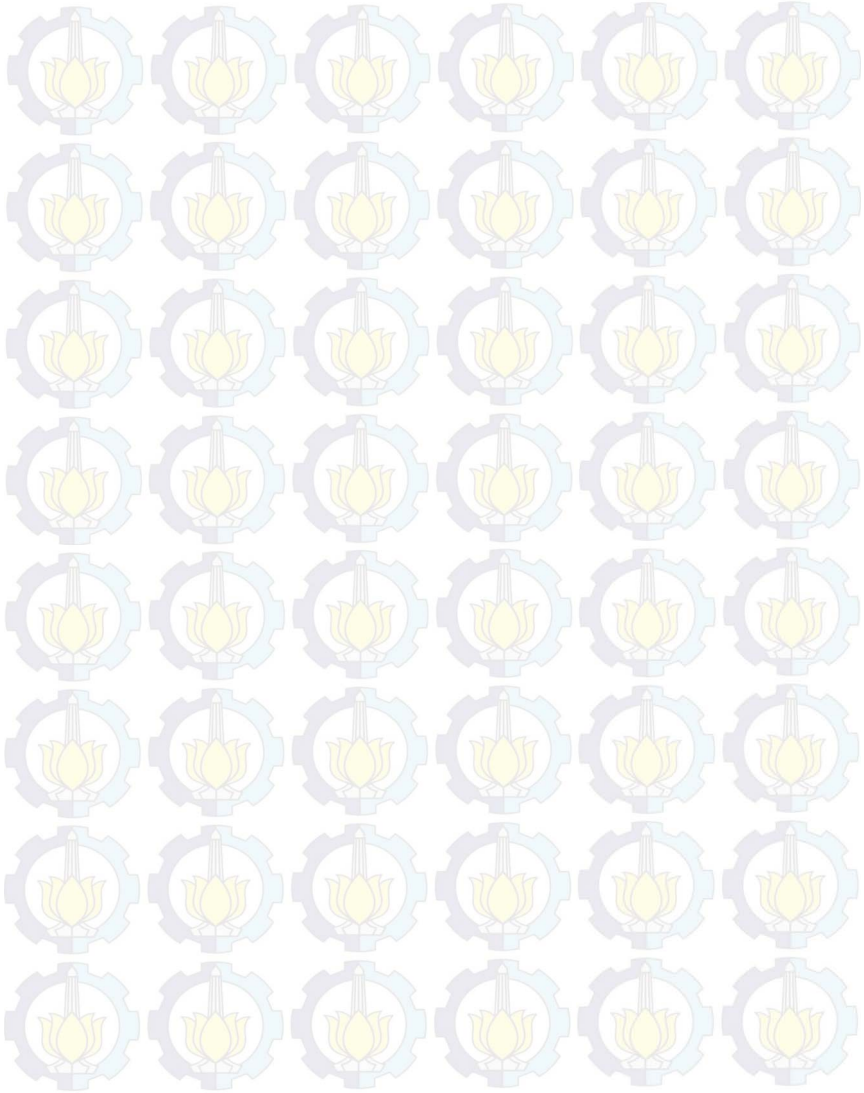
DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Gopiya Naik, "*Optimal allocation of combined DG and capacitor for real power loss minimization in distribution networks*", Electrical Power and Energy Systems 53 (2013) 967–973
- [2] A. Mohamed Imran, "A novel integration technique for optimal network reconfiguration and distributed generation placement in power distribution networks", Electrical Power and Energy Systems 63 (2014) 461–472
- [3] Mostafa Sedighizadeh^{1*}, "*Optimal reconfiguration and capacitor placement for power loss reduction of distribution system using improved binary particle swarm optimization*", International Journal of Energy and Environmental Engineering, 2014, 5:3
- [4] SHOLIHAH, RATIH MAR'ATUS, "Optimisasi Konsumsi Daya Dengan Genetic Algorithm - Conservation Voltage Reduction (Ga-Cvr) Pada Microgrid", Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2015
- [5] Nisa, Tyas Khairun, "Rekonfigurasi dan Penentuan Lokasi Kapasitor untuk Menurunkan Rugi-Rugi Energi pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Menggunakan Metode *Simple Branch Exchange*", Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2014
- [6] Suyanto, "Algoritma Genetika Matlab", Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2005
- [7] Rugthaicharoencheep, "*Distribution System Operation for Power Loss Minimization and Improved Voltage Profile with Distributed Generation and Capacitor Placements*", International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, 2011, pp. 1187.
- [8] Sedighizadeh, Mostafa, "*Optimal Reconfiguration and Capacitor Placement for Power Loss Reduction of Distribution System Using Improved Binary Particle Swarm Optimization*", International Journal of Energy and Environmental Engineering, 2014, pp. 5
- [9] K. S. Swarup, "*Genetic Algorithm for Optimal Capacitor Allocation in Radial Distribution Systems*", Proceedings of the 6th WSEAS Int. Conf. on EVOLUTIONARY COMPUTING, 2005, pp. 152-159

- [10]Chun Wang. “*Optimization of Network Configuration in Large Distribution Systems Using Plant Growth Simulation Algorithm*”. IEEE Transactions On Power Systems, Vol. 23, NO. 1, February 2008
- [11]Kasyanto, “Pengaruh Regulator Tegangan Terhadap Perbaikan Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Penyulang Purwodadi 10”, Prosiding Seminar Tugas Akhir, pp. 3-4, Teknik Elektro Universitas Dipenogoro, Semarang, 2008



--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perancangan, simulasi, hasil dan analisa data kesimpulan sebagai berikut:

1. Rekonfigurasi yakni merubah topologi jaringan akibat adanya *tie line* atau *tie switch* yang dibuka maupun ditutup.
2. Pemodelan rekonfigurasi jaringan menggunakan Algoritma Genetika harus menyesuaikan dengan program aliran daya yang digunakan karena menyesuaikan dengan pembacaan topologi jaringan pada program aliran daya yang digunakan.
3. Pemodelan rekonfigurasi jaringan dengan membuat data nominasi *tie switch* atau *tie line* yang harus dibuka dan mana yang harus ditutup, yang kemudian di pilih oleh Algoritma Genetika untuk mendapatkan deviasi tegangan terkecil.
4. Pada tugas akhir ini melakukan rekonfigurasi dengan menggunakan Algoritma Genetika tegangan yang dihasilkan setiap bus tidak mampu melampaui batasan tegangan yang diijinkan.
5. Pemasangan Kapasitor dengan memperhatikan lokasi dan ukuran kapasitor dimaksudkan agar didapatkan lokasi dan ukuran yang sesuai sehingga tidak melebihi batasan tegangan yang diizinkan
6. Pemasangan kapasitor dapat mengurangi daya rektif beban maka arus yang diperlukan pada beban juga berkurang dan *drop* tegangan juga menjadi berkurang.
7. Pemodelan ukuran dan lokasi kapasitor menggunakan Algoritma Genetika yakni dengan menominasikan semua lokasi bus dan persentasi dari total kapasitas kapasitor yang ditetapkan yang kemudian akan dipilih oleh Algoritma Genetika sehingga didapatkan nilai deviasi tegangan terkecil.
8. Pada tugas akhir ini dengan pemasangan satu kapasitor dengan kapasitas yang besar dapat menimbulkan *over voltage* yang melebihi tegangan nominal namun masih dalam batasan tegangan yang diijinkan, sedangkan pemasangan kapasitor dengan jumlah yang banyak namun kapasitas kecil lebih dapat menjaga tegangan agar tidak terjadi *over voltage*, namun *drop* tegangan dapat di perkecil.
9. Menggabungkan rekonfigurasi jaringan dan pemasangan kapasitor secara simultan yakni melakukan rekonfigurasi jaringan dan

memasang kapasitor yang kemudian dari kedua ini akan didapatkan kondisi jaringan baru dengan profil tegangan yang baru.

10. Penggabungan kedua ini menghasilkan deviasi tegangan yang lebih kecil, namun semua profil tegangan sesuai dengan batasan tegangan yang ditetapkan.
11. Dikarenakan rekonfigurasi jaringan hasil terbaik tidak dapat memenuhi batasan tegangan yang ditetapkan maka akan dibantu oleh kapasitor sehingga dengan mampu menaikkan tegangan setiap bus menjadi memenuhi batasan tegangan yang diijinkan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu perbaikan pada program aliran daya agar sesuai jika dilakukan yang tidak sangat bergantung dari urutan pemodelan topologi jaringan.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penggabungan antara rekonfigurasi, pemasangan kapasitor, & *Distributed Generator* dan juga bisa dikembangkan untuk *multi-objective function*.
3. Untuk penelitiannya selanjutnya dapat digunakan *plant real* yang memang profil tegangan tiap bus ada yang tidak memenuhi batasan tegangan yang ditetapkan.